



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

SRÁŽKOVÁ DATA V MĚSTSKÉM ODVODNĚNÍ

RAINFALL DATA IN URBAN DRAINAGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Mrázek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby |
| Pracoviště | Ústav vodního hospodářství obcí |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|------------------------|-------------------------------------|
| Student | Jan Mrázek |
| Název | Srážková data v městském odvodnění |
| Vedoucí práce | doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D. |
| Datum zadání | 30. 11. 2018 |
| Datum odevzdání | 24. 5. 2019 |

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Price, R., Vojinovic Z. Urban Hydroinformatics: Data, Models and Decision Support for Integrated Urban Water Management. IWA Publishing, 2011. ISBN: 9781780401362
- [2] Willems, P. , at al. Impacts of Climate Change on Rainfall Extremes and Urban Drainage Systems, IWA Publishing, 2012. ISBN: 9781780401256
- [3] GUO, J. C.Y. Urban hydrology and hydraulic design, Highlands Ranch: Water Resources Publications, LLC., 2006.
- [4] LARRY W. MAYS. Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9.
- [5] STRÁNSKÝ, D., et al. Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z WWW: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf.
- [6] Platné normy k dané problematice.
- [7] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení BP.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Předmětem bakalářské práce bude zpracování nových poznatků a informací z oblasti měření a vyhodnocování srážkových dat pro účely navrhování stokových sítí. Práce se bude skládat ze dvou částí. V první části bakalář provede rešerši z dané problematiky. V druhé části bakalář aplikuje získané poznatky a na modelovém příkladu zpracuje a vyhodnotí srážková data. Požadované výstupy: dle pokynů vedoucího BP.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je zpracování poznatků z naměřených srážkových dat a aplikace na metodách přípravy hydraulického modelu stokové jednotné sítě města Znojma. První částí je rešerše zabývající se problematikou návrhu stokových sítí a získávání a zpracování srážkových dat pro hydraulické modelování. V praktické části je podrobně popsán postup vyjmutí důležitých srážkových dat pro modelování a tím i kvalifikace naměřených dat. Dále je popsán postup vkládání získaných dat do hydraulického modelu v prostředí programu MIKE URBAN, jež využívá GIS informací dodaných firmou VAS a.s. (investor) k tvorbě topografických vlastností modelu a modelování v prostředí SWMM. V neposlední řadě se v práci popisuje schématické řešení objektů na síti jako jsou například odlehčovací komory. Výsledkem je tedy nekalibrovaný a neverifikovaný model stokové jednotné sítě části města Znojma a k němu přiřazené přehledně zpracované reálně naměřené deště. Tento model bude následně po ukončení bakalářské práce dále zdokonalován, tedy i kalibrován a verifikován.

KLÍČOVÁ SLOVA

stoková síť, srážková data, hydraulický model, simulace, odlehčovací komora

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis is to process knowledge from measured precipitation data and applying this knowledge on methods of preparation of a hydraulic sewage network model of Znojmo city. The first part is a research in the field of interest, being sewage network and precipitation data processing. The detailed procedure of modeling and quantification of the measured data is explained in the practical part of the thesis. After that the process of inputting the data into a hydraulic model in MIKE URBAN, the program which draws topological data from GIS (retained by VAS a.s. as the investor) and exports the final model into a SWMM environment. At last but not least the thesis focuses on schematization of the objects situated on the sewage network, such as relief chambers. The result is a noncalibrated and nonverified model of a part of sewage system of the Znojmo city and systematically organized measured critical rains. This model is going to be optimized after this thesis is finished, thus also calibrated and verified.

KEYWORDS

sewage system, precipitation data, hydraulic model, simulation, relief chamber

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jan Mrázek *Srážková data v městském odvodnění*. Brno, 2019. 86 s., 17 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Srážková data v městském odvodnění* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 5. 2019

Jan Mrázek
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Srážková data v městském odvodnění* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 5. 2019

Jan Mrázek
autor práce

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Úvod | 8 |
| 1 Rešerše z oblasti stokování a srážkových dat | 9 |
| 1.1 Stokové sítě | 9 |
| 1.1.1 Vypouštění odpadních vod do stokových sítí | 9 |
| 1.1.2 Zásady návrhu stokové sítě | 10 |
| 1.2 Srážky | 13 |
| 1.2.1 Vyjádření dešťů | 16 |
| 1.2.2 Metody získávání srážkových dat | 22 |
| 2 Vybrané území města Znojma a jeho hydraulický model | 32 |
| 2.1 Základní údaje o provozovateli sítě | 32 |
| 2.2 Klimatické a hydrologické poměry | 32 |
| 2.2.1 Geologické podloží | 33 |
| 2.2.2 Vymezení území | 35 |
| 2.3 Etapy vývoje a zpracování práce | 36 |
| 2.3.1 Srážková data | 36 |
| 2.3.2 Vybrané kritické deště | 40 |
| 2.3.3 Topologická data | 46 |
| 2.4 Vyhodnocení hydraulického modelu vybrané části stokové sítě | 56 |
| 3 Závěr | 60 |
| Literatura | 62 |
| Seznam symbolů, veličin a zkratk | 65 |
| Seznam obrázků | 66 |
| Seznam tabulek | 68 |
| Seznam příloh | 69 |

Úvod

Za obecnou problematiku tohoto tématu by se dal považovat vztah člověka ku přírodě a jeho částečná lhostejnost k nakládání s jeho odpadem, který není adekvátně odklizen a zpracován. Shromažďuje se na povrchu země, odkud je odnášen do stokových sítí dešťovou vodou. V horším případě do nejbližšího recipientu, kde se nahromadí na okraji a znečišťuje jak okolí, tak samotnou vodu, kde žijí organismy citlivé na kvalitu vody.

Srážky dopadají v čase na povrch Země nerovnoměrně. Mnoho dní nedochází k žádným srážkám, jindy zase prší, sněží, nebo mrholí celý den. Krátkodobé srážky mohou vést k suchým obdobím, zatímco přívalové deště způsobují povodně. Nerovnoměrné rozložení dešťů na časové ose může vést k poškození pěstovaných plodin, nebo nedostatku vláhy pro rostliny poskytující stravu pro pasoucí se zvěř/dobytěk. Změny v rovnoměrnosti dešťů jako lidstvo pocítíme právě z těchto důvodů. I když jsou nerovnoměrnosti výskytu srážek a jejich změny vlivem oteplování dobře známy jsou zřídka kvalifikovány.

Staré stokové sítě jsou ve špatném stavu a nedokáží se vypořádat s masou dešťové vody smíchané s odpadními vodami. Ať kvůli většímu množství takových vod, nebo kvůli špatnému technickému stavu těchto stokových sítí. A proto je potřebná analýza a revitalizace takových sítí, aby vyhovovaly dnešním požadavkům. Tato práce se věnuje novým poznatkům ze zpracování srážkových dat v městském odvodnění části města Znojma a přípravu modelu v programu SWMM (Storm Water Management Model) volně přeložitelné jako model hospodaření s náhlými srážkami. Tento program od oddělení pro ochranu životního prostředí EPA (United States Environmental Protection Agency) umožňuje simulaci odtoku srážek z povrchu zemského v urbanizovaných oblastech danými potrubími s možností sledování krátkého časového úseku, nebo dlouhodobého spojitého úseku. [10][8]

1 Rešerše z oblasti stokování a srážkových dat

1.1 Stokové sítě

Definice

Stokou nazýváme soubor stavebních a strojně technologických zařízení, které slouží k zachycení a odvádění odpadních vod za hranice osídleného území, jakož i na jejich vyčištění a zneškodnění před vyústěním do recipientu (vodního toku, jezera). Kanalizace se skládá: z vnitřní kanalizace, kanalizačních přípojek, stokové sítě, včetně objektů a vyústění do recipientu, čistírny odpadních vod, povrchového odvodnění a úpravy vodohospodářských poměrů na odkanalizovávaného území, ochranných zařízení před cizími vodami.[1]

1.1.1 Vypouštění odpadních vod do stokových sítí

Pro odpadní vody vpouštěné do stokových sítí je nežádoucí aby:

- Narušovaly materiál a strukturu povrchu stokové sítě,
- ohrožovaly zdraví obsluhy a omezovaly jejich práci na stokové síti,
- způsobovaly závady na provozu stokové sítě.

Množství a složení odpadních vod povolených ke vpouštění do stokové sítě se řídí tzv. „kanalizačním řádem“, který je daný správcem sítě. Ten pak dále zajišťuje neustálý chod a případné opravy na veřejné síti, jež je správcem. Složení odpadních vod, jež popisuje kanalizační řád je kontrolováno tak, aby nedocházelo k proniknutí následujících látek do systému:

- Radioaktivní, infekční a jiné, zdraví a bezpečnost ohrožující látky, se kterými by mohla obsluha přijít do kontaktu,
- narušující strukturu a materiál jak stokových sítí, tak ČOV, (Čistička Odpadních Vod), což mohou být vody s vysokou teplotou, vysokým obsahem síranů, nebo vody s vysokým, či nízkým pH.,
- hořlavé, výbušné, nebo látky, jež při kontaktu se vzduchem vytváří explozivní, dusivé nebo otravné směsi,
- takové, které při kontaktu se vzduchem, nebo vodou vytváří směsi jedovatého charakteru,
- pesticidy, jedy, omamné látky a žíraviny,
- soli používané při údržbě pozemních komunikací množstvím přesahující 200 mg/l, ropu a ropné látky, jež přesahují 5 mg/l u systému odvodňování bez ČOV a pro systémy ukončené ČOV platí limit 20 mg/l.[5]

Nejvyšší možné znečištění přípustné pro vody vypouštěné do veřejné kanalizace se v kanalizačních řádech určí podle nařízení vlády č.61/2003 (nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech)

Orientačním složením splaškových vod odvedených z domovních přípojek na stokové síti se zabývá norma ČSN 756101 „Stokové sítě a kanalizační přípojky“ z roku 2012:

Tab. 1.1: Orientační složení splaškových (domovních) odpadních vod [2]

| Ukazatel | od | do |
|------------------------------------|----------|----------|
| hodnota pH | 6,5 | 8,5 |
| sediment po 1 hodině | 3 mg/l | 4,5 mg/l |
| nerozpustné látky | 200 mg/l | 700 mg/l |
| rozpuštěné látky (RL) | 600 mg/l | 800 mg/l |
| BSK_4 (s potlačením nitrifikace) | 100 mg/l | 400 mg/l |
| $CHSK - Cr$ | 250 mg/l | 800 mg/l |
| N_{celk} | 30 mg/l | 70 mg/l |
| $N - NH_4$ | 20 mg/l | 45 mg/l |
| P_{celk} | 5 mg/l | 15 mg/s |

1.1.2 Zásady návrhu stokové sítě

Průtoková kapacita

Stoky jsou ovlivňovány širokou škálou průtokových podmínek. Je žádoucí, aby byla kapacita stokové sítě navržena na průtoky ve špičce. Na druhou stranu je potřeba zamezit usazování pevných částic na dně a vytvořit tak v nejhorším případě trvalé zúžení průtokového profilu. Toto usazení je nejvíce nebezpečné u stok s malým profilem. K tomu, aby se zabránilo usazení a omezení průtočného profilu se navrhuje v České republice veřejné stoky o minimálním vnitřním průměru 250 mm . Avšak ve zvláštních podmínkách je s povolením orgánu zajišťujícího údržbu daného úseku možné navrhovat nižší profily.

Maximální průtokové kapacity je dosaženo u kruhových průřezu při plnění 0,95 průtočného průřezu. Jelikož jakákoli malá změna ve výšce hladiny by způsobila pokles rychlosti, navrhuje se proto kolem 0,93 maximálního plnění. Toto plnění se nazývá **kapacitní plnění**.

U stoky využívající maximální průtokové kapacity jsou nežádoucí:

- Možné ohromné enviromentální následky, vezme-li se v potaz fakt, že špička, na kterou jsou sítě navrženy se vyskytuje každý den,
- výskyt mastného obsahu u splaškových vod, který není zachycen lapáky tuku a má tak tendenci se usazovat v prostorách revizních šachet v době, kdy není špička a za jistých podmínek se usazovat a pak jednoduše stoku ucpat,
- s usazováním tuku se pak zajisté spojují havárie na síti. A to ztráty tlaku, defekty na trubních armaturách, však do okolí potrubí atd.,
- stoky při plném plnění je obtížné monitorovat a udržovat.

Pokud se při nahlédnutí na průtokovou kapacitu již existující sítě zjistí, že je dosažena její maximální hodnota, je nutné provést opatření, aby k tomuto jevu nedocházelo. Při příležitosti oprav jiných inženýrských sítí je vhodné využít již provedených výkopových prací a zajistit tak změnu průtokové kapacity příslušným opatřením.

Minimální rychlost

Minimální rychlost zajišťuje, že se při jejím vyskytnutí nezačnou vytvářet usazeniny na dně kanalizace a tím bude v systému docházet k samočištění. Tímto se lze vyhnout ucpávání. Následné náklady na údržbu a šance na enviromentální ohrožení se tak sníží. Samočištěním se lze vyhnout problémům se septicitou. Rychlosti, při kterých dochází k samočištění se liší dle velikosti sedimentu a velikosti vnitřního průměru kanalizace.

Dle normy ČSN 75 6101 řízené článkem normy ČSN EN 752:2017 se u průměrů menších jak 300 mm dá za samočištěcí kanalizace považovat taková, která obecně dosahuje při každodenním provozu minimální rychlosti 0,7 m/s. nebo sklonu (obvykle vyjádřeného v mm/m) nejméně 1:D, kde D je vnitřní průměr potrubí v metrech. Při nemožnosti dodržet tyto požadavky je třeba v rámci projektu navrhnout způsob periodického proplachování těchto úseků potrubí v závislosti na skutečnosti, zda se jedná o stoku jednotnou, splaškovou nebo srážkovou. Pro takto udržované stoky je žádoucí, aby byly při pokladu důkladně propojeny v případě nízkého sklonu.

Pro stoky s vyšším průměrem je minimální rychlost vyšší a měla by být navrhovaná adekvátně ku předpokládané velikosti sedimentovatelných částic na síti. Pro kanalizace s průměrem vyšším jak 900 mm je navrhovaná rychlost 1 m/s, aby bylo dosaženo samočištění.

S minimální rychlostí se pojí **průtok**, který se značí Q a základní jednotkou je m^3/s , ale v praxi se často užívá také l/s.

Maximální rychlost

Příliš vysoké rychlosti jsou nežádoucí protože:

- Vysoká rychlost je nestabilní a dává za příčinu praní vody a kavitaci především, když povrch potrubí není dokonale hladký. Rovnice užívaná pro předpověď rychlosti a ostatního chování potrubí není použitelná z důvodu nestability. Navíc dochází k erozi, což poškozuje stokovou síť,
- nadměrné rychlosti se vyskytují v případě, že je povrch příliš prudký a vzniká tak kritický průtok. Při následném snížení sklonu za takovýto úsekem může docházet k hydraulickému rázu a tím taky poškozováním armatur na síti a potrubí samotného,
- údržba takového potrubí je nebezpečná pro obsluhu a dělá údržbu téměř nemožnou.

Maximální rychlost při špičce v systému je limitována na 3 m/s, ve výjimkách může být až 6 m/s, pokud je splněno:

- konstantní, hladké, pevné a ohradu vzdorné potrubí (např. tvárná litina) ,
- všechny uzly, ohyby, šachty a jiné prvky na síti jsou patřičně ochráněny před erozí. Mnohdy je nevyhnutelné z důvodu charakteru krajiny, neboli sklonu povrchu mít takto strmé potrubí.

Způsoby zamezení vysokým rychlostem na takovýto potrubí jsou:

- Pokládání potrubí v nižším sklonu s tím, že v šachtách jsou přepady,
- v šachtách jsou opatření na vstřebávání přebytečné energie,
- užíváním speciálně designovaných disipátorů (prvky nevratně přeměňující energii na energii jinou).

Prostorová orientace

Mimo hydraulické vlastnosti by měla být navržena hloubka uložení stoky v kombinaci s dalšími faktory jako jsou:

- Topologie a vlastnosti podkladové zeminy,
- blízkost základů sousedních struktur,
- blízkost ostatních sítí,
- blízkost stromů a jiných rostlin s rozšířeným kořenovým systémem (také nebezpečně rozšířitelným),
- minimální hloubka uložení,
- způsob konstrukce, tj. typ spojů trubek,
- životnost a cena.

Se zvětšujícím se průměrem potrubí směrem po síti, je nutné tyto změny provádět v revizních šachtách. V šachtách by také měly být výškové rozdíly mezi přítokem

a odtokem z důvodu zamezení vrácení se vody, pokud je kanalizace v nižších oblastech přeplněna. To samé platí v případě napojení boční kanalizace, kdy její vyústění do šachty nesmí být níže, jak pokračující potrubí hlavní kanalizace. Pokud to situace dovolí, je nejlepší mít vyústění boční kanalizace na stejné úrovni s kanalizací hlavní.

Projektant by měl pečlivě zkontrolovat případné kolize s ostatními sítěmi, jak souběh, tak křížení a dodržet tak bezpečné vzdálenosti od těchto sítí. Dle normy ČSN 73 6005 jsou od kanalizací nutné dodržet následující vzdálenosti:

Tab. 1.2: Nejmenší dovolené vzdálenosti při souběhu (křížení) [3]

| Druh sítí | vzdálenost[m] |
|--------------------------------|---------------|
| NN do 1 kV | 0,5(0,3) |
| VN do 10 kV | 0,5(0,3) |
| VN do 35 kV | 0,5(0,5) |
| VVN do 220 kV | 1,0(0,5) |
| Sdělovací kabely | 0,5(0,2) |
| Nízkotlaký plynovod do 5 kPa | 1,0(0,5) |
| Středotlaký plynovod do 400kPa | 1,0(0,5) |
| Vodovodní potrubí | 0,6(0,1) |
| Vodní tepelné sítě | 0,3(0,1) |

Nejmenší krytí pro kanalizaci je pak 1 m v chodníku a volném terénu a 1,8 m ve vozovce.

1.2 Srážky

Vznik a druhy

Nasycenost vodních par v ovzduší vzniká jeho ochlazením. V případě, že teplota klesne pod teplotu rosného bodu, dochází pak ke srážení páry kolem kondenzačních jader, což jsou ionizované částice prachu, pylu, kouře nebo molekul plynů. Tímto způsobem pak vznikají malé kapičky vody nebo sněhové vločky, které pak zapříčiní vznik mlhy, nebo ve vyšších částech atmosféry oblaka. Za ideálních podmínek se kumulují a tím zvětšují tak, že začnou padat k zemi jako ovzdušné srážky.

Tento pokles teploty, jež zapříčiňuje tvorbu srážek, může být pozorován třeba při vyzařování tepla do ovzduší za jasných nocí, nebo stykem vzduchu z chladnými předměty. Tak potom vzniká rosa, jinovatka nebo přízemní mlhy. V přímořských oblastech je příčinou takového ochlazování míšení s chladnými proudy přicházejícími z

oceánů a moří. Nejčastější příčinou ochlazování je však rozpínání vzduchu při stoupání do výšky. Tento výstup vzniká za teplých dní, kdy se vzduch ohřeje u země a při stoupání předává své teplo do okolí. Toto stoupání může být zastaveno předměty na zemském povrchu, nebo horskými hřebeny. Většina srážek pak dopadá na takzvané návětrné straně hor. Na jejich druhé straně se pak často vyskytují suché oblasti v takzvaném srážkovém stínu. Někdy se zvláště uvádí srážky horizontální, což jsou srážky vznikající u zemského povrchu a jsou to rosy, jinovatky, náledí a námraza. Vydatnost těchto srážek je však minimální a tvoří tak zhruba 2-3 % všech ročních srážek. Dalším dělením srážek je pak dělení na kapalné (mlha, déšť) a tuhé (sníh, kroupy, ledovátka či zmrzlý déšť). Množství srážek je pak vyjádřeno pomocí úhrnu H [mm] jako vrstva vody, jež dopadne na území vodorovné nepropustné plochy tak, aby nepodléhal výparu.[5]

Pro řešení území pak hledáme relaci mezi úhrnem srážek, úhrnem výparu a úhrnem odtoku pomocí tzv základní bilanční rovnice

$$H_0 = H_s - H_v$$

Veličiny popisující takový déšť jsou: doba trvání τ [min] a intenzita i [$mm \cdot min^{-1}$], která definuje množství vody, jež spadne za danou časovou jednotku. V závislosti na době trvání a intenzitě srážky lze deště dělit na regionální a přívalové.

Regionální deště - trvalé srážky

charakterizuje dlouhá doba trvání a nízká intenzita na obvykle velké ploše. V nížinách nepřesahuje 80 mm za den a v horských oblastech může být hodnota o něco vyšší. Takovéto deště mohou způsobovat povodně v rozsáhlých povodích.

Přívalové deště - přeháňky

neboli lijáky jsou velmi vydatné krátkodobé deště, které zasahují poměrně malé plochy. Způsobují proto prudké rozvodnění malých recipientů a projevuje se při nich nejsilnější splavování ornice (vodní eroze).[5]

Pozorování deště prokázala některé závislosti. Především, že intenzita bývá největší brzy po začátku deště a pak při jeho dalším trvání klesá. Čím větší je intenzita lijáku, tím menší je jím zasažená plocha, takže podle rozlohy lijáku můžeme odhadnout i největší intenzitu deště, který určitou plochu může zasáhnout. Nejdůležitější je poznatek, že všeobecně intenzita lijáku klesá s jeho trváním. Tuto závislost vyjádřil Reinhold výrazem:[5]

$$i = \frac{A}{t + B^C}$$

kde i je intenzita mm/min, t je doba trvání deště min, A , B a C jsou regresivní koeficienty, které je možno určit pro určité povodí z řady pozorovaných kalibrací.

V ČR pro povodí Labe, Moravy a Odry zpracoval ombrografická pozorování TRUPL (1958) z 98 stanic pro dobu trvání 5-120 minut a periodicitu 2-0,1 (ve zdravotně technické praxi termín periodičita deště p znamená, že určitý déšť dané doby trvání byl dosažen nebo překročen n – krát za rok; periodičita $p' = 2$ tedy odpovídá dešti, který byl dosažen nebo překročen 2-krát za rok, při $p' = 0,5$ jednou za 2 roky atd.) Při stanovení intenzity deště určité doby trvání a periodicity pro libovolné mapu intenzit 15 minutových dešťů pro $p = 1$ podle TRUPLA. [5] Tyto tabulky byly vytvořeny pomocí srážkoměrných stanic na 98 místech České republiky. Pro nezměřené lokality se doporučuje využít nejbližší naměřené stanice. Pro lokalitu Znojmo jsou známy následující tabulky:

Tab. 1.3: Vydatnost náhradního blokového deště, lokalita Znojmo (podle Ing J. Trupla)

| doba trvání deště t [min] | vydatnost deště [l/(s.ha)] za dobu t při periodicitě n | | | | | | |
|--------------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 2 | 1 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.05 |
| 5 | 123.0 | 198.0 | 260.0 | 320.0 | 404.0 | 467.0 | 529.0 |
| 10 | 78.4 | 133.0 | 180.0 | 228.0 | 294.0 | 345.0 | 397.0 |
| 15 | 56.7 | 98.9 | 136.0 | 175.0 | 229.0 | 271.0 | 313.0 |
| 20 | 44.6 | 79.2 | 110.0 | 143.0 | 188.0 | 223.0 | 258.0 |
| 30 | 31.9 | 57.9 | 81.5 | 106.0 | 141.0 | 167.0 | 193.0 |
| 40 | 25.4 | 46.3 | 65.1 | 85.2 | 113.0 | 134.0 | 156.0 |
| 60 | 18.1 | 33.2 | 46.9 | 61.4 | 82.0 | 97.9 | 114.0 |
| 90 | 13.0 | 23.7 | 33.5 | 44.1 | 59.2 | 70.5 | 82.3 |
| 120 | 10.1 | 18.8 | 26.4 | 34.9 | 46.7 | 55.7 | 64.9 |

Tab. 1.4: Tabulka převádějící tab. 1.3 na hodnoty celkového úhrnu za dobu trvání deště, lokalita Znojmo (podle Ing J. Trupla)

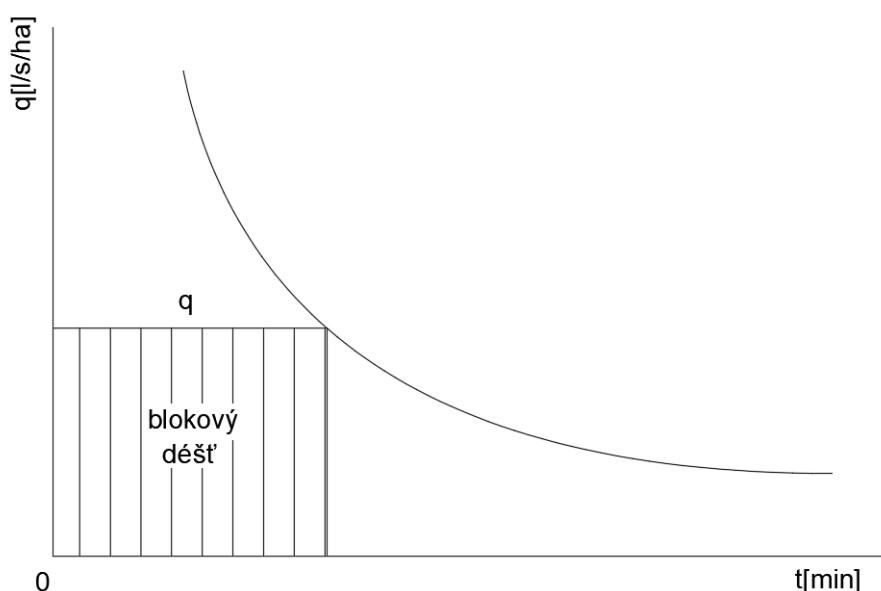
| doba trvání deště t [min] | celkový úhrn deště [mm] za dobu t při periodicitě n | | | | | | |
|--------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 2 | 1 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.05 |
| 5 | 3.7 | 5.9 | 7.8 | 9.6 | 12.1 | 14.0 | 15.9 |
| 10 | 4.7 | 8.0 | 10.8 | 13.7 | 17.6 | 20.7 | 23.8 |
| 15 | 5.1 | 8.9 | 12.2 | 15.8 | 20.6 | 24.4 | 28.2 |
| 20 | 5.4 | 9.5 | 13.2 | 17.2 | 22.6 | 26.8 | 31.0 |
| 30 | 5.7 | 10.4 | 14.7 | 19.1 | 25.4 | 30.1 | 34.7 |
| 40 | 6.1 | 11.1 | 15.6 | 20.4 | 27.1 | 32.2 | 37.4 |
| 60 | 6.5 | 12.0 | 16.9 | 22.1 | 29.5 | 35.2 | 41.0 |
| 90 | 7.0 | 12.8 | 18.1 | 23.8 | 32.0 | 38.1 | 44.4 |
| 120 | 7.3 | 13.5 | 19.0 | 25.1 | 33.6 | 40.1 | 46.7 |

V tabulkách jsou popsány deště s jistými periodicitami, kdy číslo periodicity značí počet pravděpodobných výskytů dešťů s danou vydatností za jeden hydrologický rok. Například 5 značí výskyt pětkrát do roka a 0,1 zase jednou za 10 let. Pomocí tabulky 1.4 lze dále určit srážkový úhrn při dané vydatnosti v mm.

1.2.1 Vyjádření dešťů

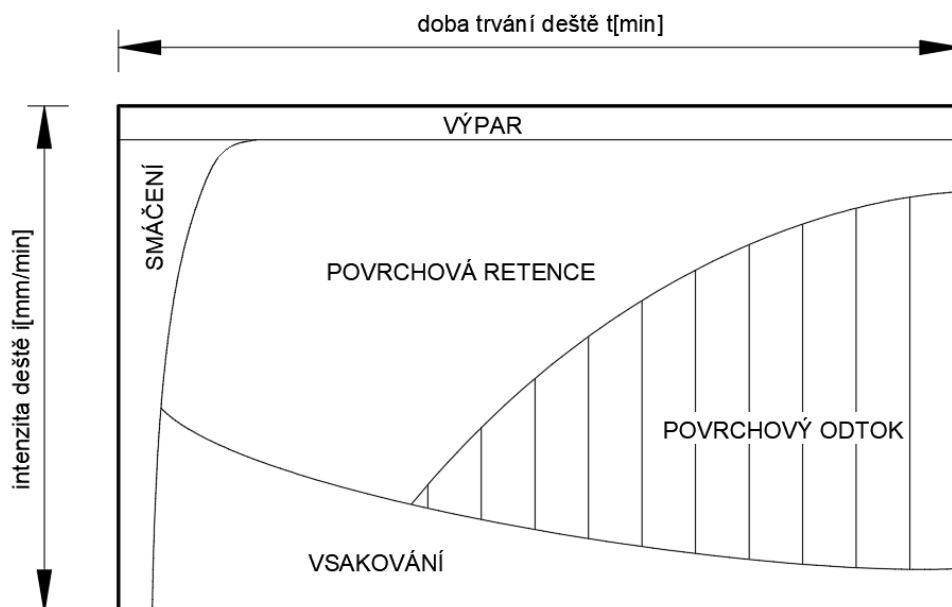
Úpravy dešťů používané pro modelování území mohou mít různé formy. Každá má v závislosti na svůj způsob tvorby jistou přesnost a odchylku od skutečnosti. K posouzení je možno využít historickou řadu dešťů naměřených za X let - statistické zpracování. Pro ověření funkce modelu je možné využití blokového deště, nebo deště syntetického. Oba jsou tvořeny z reálných dešťů, ale jsou značně zjednodušeny. A pro kalibraci je využíváno reálných dešťů v porovnání s naměřenými průtoky na síti. Tyto deště jsou popsány v následující podkapitole.

Nejjednodušší způsob vyjádření avšak zároveň nejvzdálenější realitě se nabízí tvorba **blokového deště**, jež se používá k dimenzování menších stokových sítí racionální metodou. Odvozuje se z čáry náhradních vydatností a to tak, že se známý objem zarovná z křivky do „bloku“. Toto zjednodušení tak naprosto ignoruje průběh deště v čase, ale vezme jeho průměrnou intenzitu a tu umístí na časovou osu s konstantní hodnotou. Po zarovnání do bloku pak déšť v čase 0 okamžitě začne s touto hodnotou intenzity a v čase t , kdy je ukončen skočí opět na nulu. Touto prudkou změnou intenzity na časové ose pak ohrožuje stabilitu řešení.



Obr. 1.1: Transformace blokového deště z čáry náhradních vydatností[5]

Z takového deště je však názorně možné vyjádřit poměr odtoků deště různými způsoby. Blokový déšť lze na časové ose vymezit a pomocí křivek určit objemy daných jevů jako jsou: výpar, smáčení, povrchová retence, vsakování a pro simulační účely nejdůležitější povrchový odtok.



Obr. 1.2: Časový průběh procesů v blokovém dešti [5]

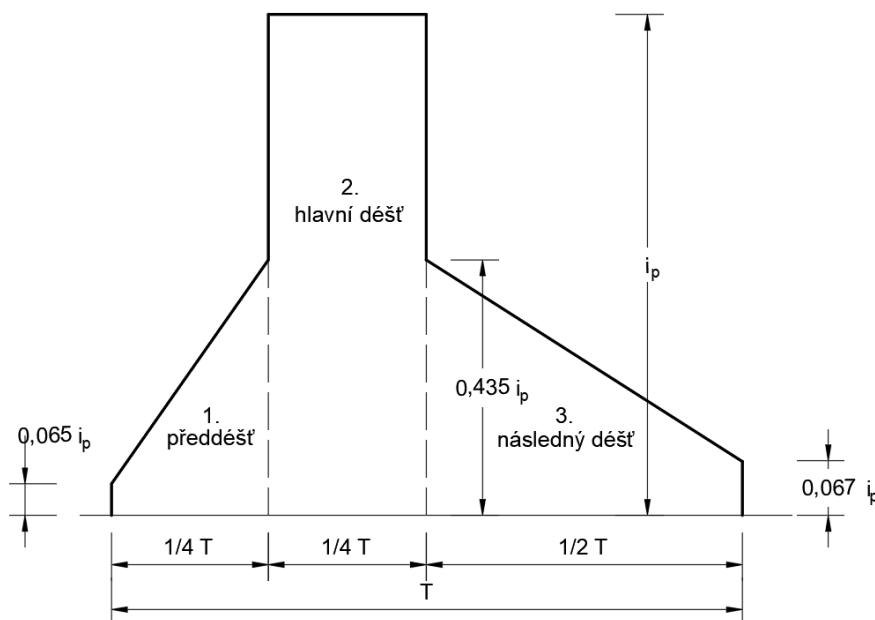
Pro změření polohy křivek daných ztrát v blokovém dešti je možno užít mnoho metod s různým stupněm přesnosti. Tím nejjednodušším, který se nabízí je změření deště a pro něj odpovídající průtok ve známém uzavřeném profilu. Takováto měření je možné užít jako kalibrační data ke kalibraci fiktivních modelů.

Šifaldův déšť

Šifalda v 60. letech 20. století publikoval metodu grafického znázornění průběhu dešťů pomocí pozorování dešťů na území České republiky a to konkrétně z deštoměrných stanic v Praze, Plzni a v Brně. Z těchto dat a křivek pak sestrojil modelový déšť blížící se trojúhelníkovému tvaru. Šifalda uvažoval, že se intenzita od začátku daného deště postupně zvyšuje na určitou hodnotu a tato maximální hodnota s konstantní intenzitou nějakou dobu trvá. Poté intenzita deště postupně klesá zpět na nulovou hodnotu. Objem těchto dvou trojúhelníků počátku a konce deště a konstantního průběhu s maximální intenzitou se pak rovná objemu blokového deště. Tento blokový déšť je vyhodnocen ze statistiky skutečných dešťů s danou pravděpodobností výskytu.[6][5]

Intenzita byla počítána s časovým krokem 2,5 minuty. Srážky, které spadly před deštěm a jejich intenzita nepřekročila $0,1 \text{ mm} \cdot \text{hod}^{-1}$ a úhrn deště byl menší než 0,5 mm nebyly brány v úvahu. Také srážky na konci deště nebyly brány v úvahu pokud jejich intenzita nepřekročila $0,1 \text{ mm} \cdot \text{hod}^{-1}$ hod a úhrn byl menší než 0,5 mm za další 5 minutovou periodu. Po sobě jdoucí deště byly hodnocené jako separované periody, pokud bezdeštná perioda byla delší než první dešťová epizoda. [5]

Šifalda pak modelový dešť podle těchto parametrů rozdělil na 3 stěžejní části a to 1. „předdešť“ 2. „hlavní dešť“ a 3. „následný dešť“. Hlavní dešť má definované parametry i_p průměrnou intenzitu v daném časovém intervalu T . Tomuto dešti předchází předdešť, jehož intenzita ve stejném časovém intervalu nepřekročí hodnotu průměrné intenzity $0,25 i_p$. Ukončení hlavního deště je vyznačováno náhlým poklesem průměrné intenzity na hodnotu zhruba $0,435 i_p$ je určen začátek „následného deště“. Z tohoto důvodu se užívá pro návrh stoky kombinace předdeště a hlavního deště jako návrhového průtoku. Pokud návrh stoky vyhoví pro obě části, není potřeba brát třetí část v potaz. Šifalda charakterizuje podíly objemů celkového deště jako 56% hlavního deště, 14% předdeště a 30% jako následný dešť. Největší výhodou použití Šifaldova náhradního deště je jeho jednoduchá konstrukce. Maximální vydatnost je relativně vysoká, což vede k následnému lehkému předimenzování stoky, avšak pro použití předběžného návrhu stoky se nejedná o podstatný nedostatek. [5]



Obr. 1.3: Šifaldův dešť - průběh za periodu T

Děšť firmy DORSCH CONSULT

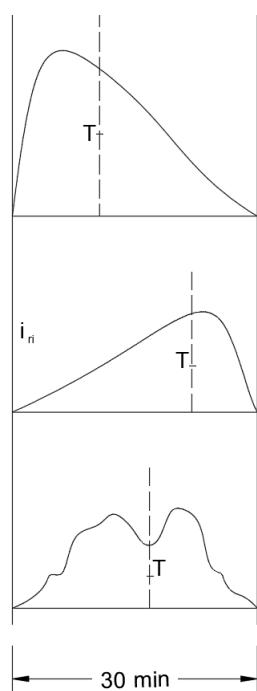
Syntetický déšť vytvořený firmou Dorsch consult, který po dlouhém působení v praxi vyvinula pomocí historických dat z období okolo 20 let. Deště byly uvažovány s dostatečně krátkým časovým krokem a to cca 10 minut. Řešení tedy začíná výpočtem objemu V deště pro daný oddíl o čase T a intenzitě i se definuje pomocí následující rovnice:

$$V = \int_0^T i \cdot dt$$

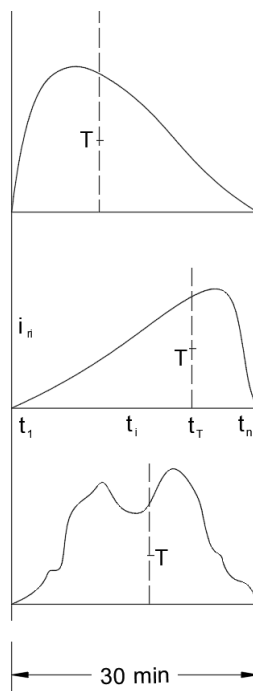
dále je nutné vybrané oddíly dešťů znormovat, protože v surové formě se jedná jednotlivě o úplně jiné deště, jelikož by byly pozorovatelné rozdíly mezi absolutními hodnotami pořadnic intenzit a tím by do výpočtu byla zanášena chyba. Znормování deště se provádí pomocí rovnice:

$$i_r = \frac{i}{V}, i \in \langle 0, T \rangle$$

kde i_r je relativní intenzita, i skutečná intenzita a V je objem dešťového podílu(hyetogramu)



Obr. 1.4: Vybrané dešťové oddíly



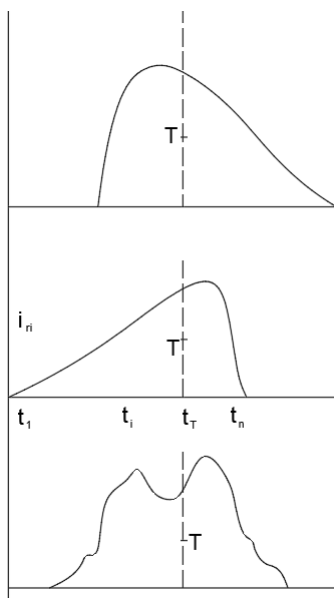
Obr. 1.5: Znормované dešťové oddíly

Z obrázku je patrné, že znormované hyetogramy všech oddílů deště již mají srovnatelné délky pořadnic. Pro určení časové souřadnice těžišť jednotlivých hyetogramů

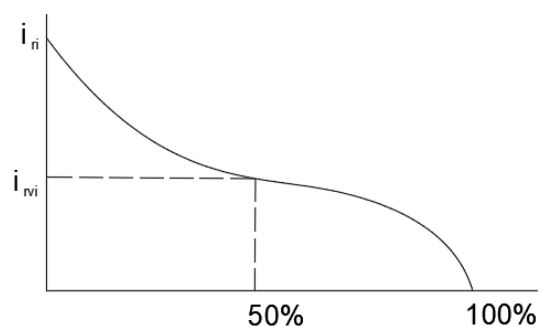
se v dalším kroku určí časový krok δt , čímž se časová osa rozdělí na t_1 až t_n , kterým odpovídají hodnoty relativních intenzit i_{r1} až i_{rn} . Pro časovou pořadnici těžiště dále platí rovnice:

$$t_t = \frac{\sum_{i=1}^n i_{r_i} \Delta t t_i}{\sum_{i=1}^n i_{r_i} \Delta t}$$

Tento postup se zopakuje pro všechny vybrané oddíly a jejich hyetogramy. Dalším krokem v postupu je porovnání hyetogramů daných oddílů dle polohy jejich těžišť tak, že se zarovnají v jednom časovém intervalu pod sebe. Tento krok tak rozšiřuje časovou osu, jelikož se různé hyetogramy posunuly různým směrem. Časové rozdělení intenzit tak bude respektováno dle následujícího obrázku:



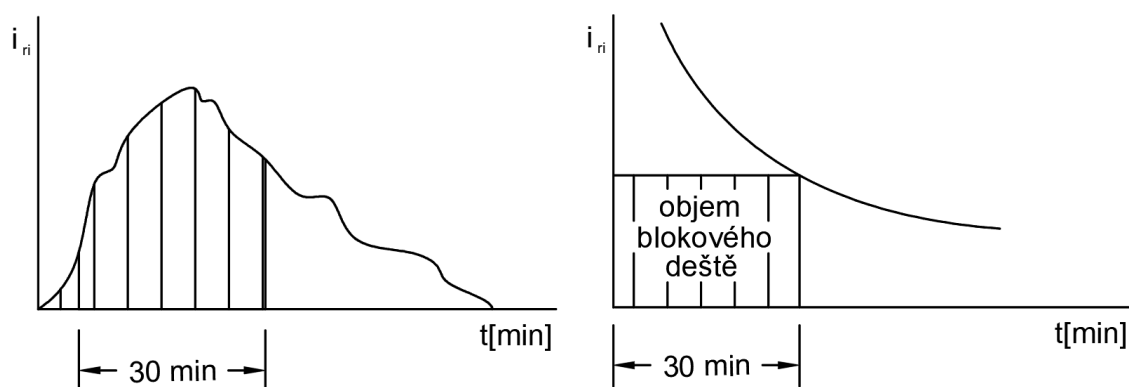
Obr. 1.6: Srovnání podle těžišť



Obr. 1.7: Čára překročení v i-tém časovém kroku

Takto upravená časová osa pro všechny oddíly se rozdělí na menší časové kroky, zhruba 1 min a každému takovému kroku pak náleží na hyetogramu hodnota intenzity i_{r_i} . Tímto vznikne pro každý krok množina pořadnic relativních intenzit i_{r_i} , ze kterých se pak určí výsledná relativní intenzita i_{rvi} pro každý časový krok. *Tato hodnota však nebude průměr z i_{r_i} v jednom časovém kroku, neboť by byla příliš ovlivněna maximálními a minimálními hodnotami, ale bude určená mediánem, tedy hodnotou, která má stejnou pravděpodobnost nedosažení nebo překročení (50%)*[5] viz obr 1.7 Hodnoty mediánu pak tvoří hyetogram návrhového deště. Avšak posunutím těžišť hyetogramů došlo ke vzniku nulových hodnot mediánů na počátku

časových intervalů, což se ve výsledném hyetogramu projeví nenarůstáním intenzity okamžitě od počátku časové osy. Nulové hodnoty se ve výsledku zruší posunutím celého hyetogramu k počátku osy. Posledním krokem je určení objemu modelového deště a získání skutečných pořadnic intenzit. Za předpokladu, že třicetiminutový úsek modelovaného deště s největším objemem má stejný objem jako 90% blokového deště a stejnou dobu trvání, můžou být změněny relativní pořadnice $i_{r_v i}$ na skutečné pořadnice i_{r_i} viz obr.1.8.



Obr. 1.8: Určení skutečných intenzit modelového deště

Tímto je vytvořen syntetický déšť. Pro jiné doby trvání platí stejný postup. Tuto metodu lze užívat ve větším měřítku pouze při porovnávání dešťů se stejným časovým intervalem, nebo delší, než je doba trvání modelového deště.[5][6]

Oba tyto typy syntetického deště, tedy Šifaldův a déšť firmy DORSCH CONSULT je možné využít při návrhu stokové sítě větších rozměrů. Z povrchového odtoku těchto dešťů se dále počítá návrhový průtok pro budoucí dešťovou, nebo jednotnou síť. Pro úseky sítě se volí (viz podkapitola 2.3.3 Topologická data - povodí praktické části práce) dle určitých pravidel odtoková plocha, která je buď jednotlivě určena svým sklonem a propustností své plochy, nebo při zjednodušení je možné vytvořit jednotkový hektar, což je vzorová plocha řešené oblasti o rozměrech 1x1 km, který reprezentuje zhruba celé území svým poměrem propustných a nepropustných ploch. Toto vše je zahrnuto do výpočtu odhadovaného průtoku úseku:

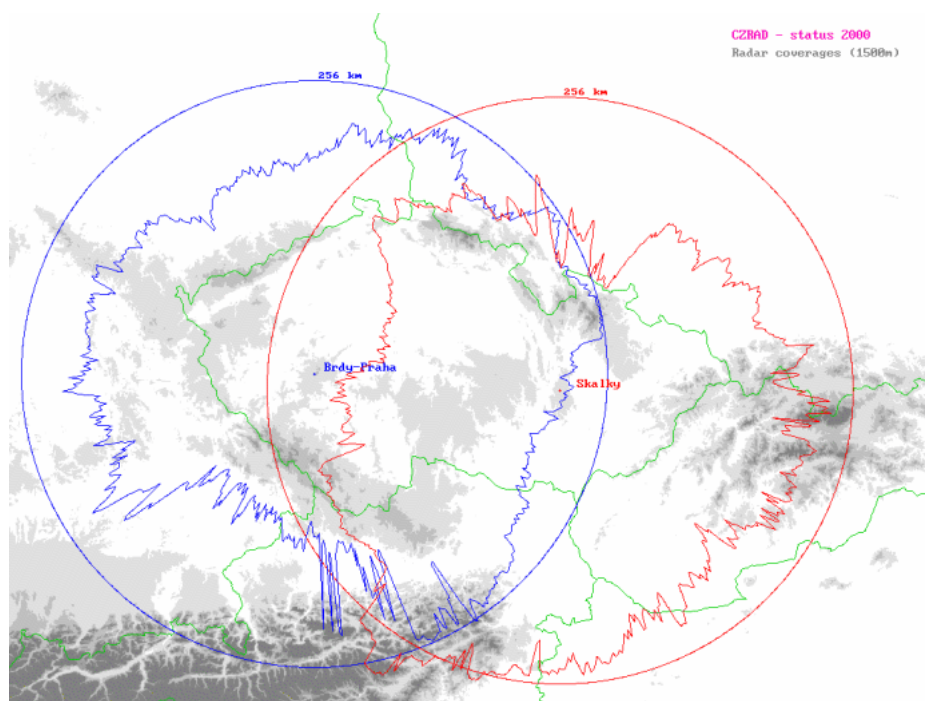
$$Q_{max} = q \cdot \psi \cdot A$$

kde q je specifický průtok - objem napršené vody, ψ je součinitel odtoku spočtený váženým průměrem ploch a součinitele odtokových ploch dané normou ČSN 756101 a A je plocha povodí.

1.2.2 Metody získávání srážkových dat

Radarové měření

Stěžejním portálem pro získávání meteorologických dat v České Republice je portál ČHMÚ (Český hydrometeorologický úřad), kde lze dohledat různá potřebná hydro-meteorologická data o území České republiky. Ústav u měření dat užívá meteorologický radiolokátor, jež slouží k učení rozložení okamžitých intenzit atmosferických srážek a s nimi spojeným výskytem oblačnosti. Toto měření je schopné provádět na ploše zhruba $100\,000\text{ km}^2$, neboli řádově vzdálenost 100 až 200 km. Principem meteorologického radiolokátoru je zachytávání atmosferických částic (vodních kapek, sněhových vloček, ledových krup apod.) a následné odrazení radiovln s vlnovou délkou okolo jednoho centimetru (mikrovlny) od těchto částic.



Obr. 1.9: Mapa dosahu CZRAD[16]

V České republice jsou momentálně v provozu dva radary, jež pokrývají celou plochu státu. Tato dvojice radarů spadá do tzv. radarové sítě CZRAD. Prvním z nich je stanoviště Skalky u Protivanova, jež zachytává převážně oblast střední Moravy a byl zprovozněn v roce 1995. Umístěn v nadmořské výšce 730 m n.m. a vlastní výškou 37 metrů je schopen pokrývat plochu v okruhu 260 km. Druhým a později zprovozněným (r. 1999) je radar pro ve středních Čechách Brdy-Praha, který se nachází v nadmořské výšce 860 m s vlastní výškou 56 m. Tento radar je taktéž schopen naměřit data v okruhu 260 km.



Obr. 1.10: Radar pro střední Moravu, Skalky [23]



Obr. 1.11: Radar pro střední Čechy, Brdy [22]

Funkce radaru

Radarový vysílač je schopen generovat krátké pulsy v řádech sto pulsů za sekundu o délce jednoho v řádu milisekund s vysokým okamžitým výkonem zhruba 100kW. Parabolická anténa vysílače je schopna vysílat elektromagnetickou energii v průměru několika metrů ve tvaru úzkého svazku do atmosféry, odkud se odrazí části energie od meteorologických cílů, což jsou srážky, ale i nemeteorologických, což mohou být různé svahy, letadla či budovy. tato část odražené energie (v bodě odrazu stovek kilometrů) je zpětně přijímána a detekována anténou přijímače radaru. Azimut, elevace antény a doba odrazu pak určí polohu cíle. Množství takto odražené energie pak určí, jakou intenzitu cíl má. Toto množství je úměrné radiolokační odrazivosti Z cíle. Radiolokační odrazivost Z lze určit podle radarové rovnice (zjednodušený tvar):

$$Pr = PI \cdot (Z/R^2)$$

, kde: Pr je přijatý výkon, PI je meteorologický potenciál radaru (přístrojová konstanta, R je vzdálenost od cíle. Pro meteorologické cíle, skládající se z velkého množství vodních a ledových částic, je radiolokační odrazivost Z přímo úměrná sumě 6. mocnin průměrů částic v jednotkovém objemu ($Z = \text{SUM}(D^6)$); toto platí přesně pro Rayleighův rozptyl, t.j. pro částice s průměrem řádově menším než vlnová délka radaru). Jednotkou odrazivosti je $1 \text{ mm}^6/\text{m}^3$, pro praktické účely se užívá logaritmická jednotka dBZ, kde $Z[\text{dBZ}] = 10 \cdot \log(Z[\text{mm}^6/\text{m}^3])$, tedy 0 dBZ odpovídá $Z=1\text{mm}^6/\text{m}^3$. [16]

Radiolokační odhady srážek

Výhodou radarového měření srážek je, že radar dokáže z jednoho daného místa zpracovat informace o srážkách z velkého okruhu kolem sebe a získat tak plošně potřebná data. Zatímco srážkoměry získávají pouze lokální data a kombinací takto lokálně uložených srážkoměrů je pak možné získat přehled o plošně rozlehlejší lokalitě. Tato data však musí být postupně zpracována a sloučena do jednoho celku, což není případ radaru, který data získá a jsou okamžitě v reálném čase dostupná na analýzu. Další výhodou radaru pak může být jeho schopnost zachycení rozložení srážkových polí a to včetně jejich trojrozměrné struktury a pohybu. Tato pole však disponují velkou proměnlivostí a vzhledem k době odrazu vlnových délek vysílaných radarem do vyšších vzdáleností se mohou informace mnohdy lišit v jednom řádu. Odhad přízemních srážek tak na základě provedených měření radiolokační odrazivosti Z ve výšce vytváří značné nepřesnosti, jež rostou se vzdáleností měřené oblasti od radaru.

- *Se vzrůstající vzdáleností se radarový paprsek vlivem zakřivení Země vzdaluje od povrchu (horizontální paprsek ve vzdálenosti 130 km je 1 km, ve vzd. 185 km 2 km a 225 km již 3 km nad povrchem). Radiolokační odrazivost většiny meteorologických cílů přitom obvykle rychle klesá s výškou,*
- *svazek paprsků se s rostoucí vzdáleností rozšiřuje, zvyšuje se práh zachycení echa (citlivost radaru se vzdáleností klesá), zároveň radarový svazek již nebývá homogenně zaplněn srážkovými částicemi,*
- *se vzdáleností se také zvyšuje pravděpodobnost výskytu útlumu ve srážkách, ležících na dráze svazku.*

Dalším zdrojem nepřesností je proměnlivost spektra velikostí srážkových částic, která znesnadňuje určení vztahu mezi odrazivostí Z a intenzitou srážek I . Navíc ve vrstvě tání srážek pod nulovou izotermou (bright band) může docházet k přechodnému zvýšení odrazivosti (až o 15 dBZ). Určování intenzit srážek je nepříznivě ovlivněno také terénními předměty v dráze radarového paprsku, které působí jednak rušivé odrazy (pozemní cíle), jednak zastínění vzdálenějších meteorologických cílů.

Poblíž radaru často dochází k lehkému nadhodnocení intenzity srážky. S rostoucí vzdáleností od radaru totiž dochází k navyšování nepřesností, kvůli předmětům v atmosféře. Hlavním ukazatelem rozhození dat je zakřivení země a povrch země samotný. Dále také profil horizontální radiolokační odrazivosti. Okamžité odhadnutí intenzity srážky se tak může lišit o faktor 3, což je v rozsahu 1/3 až 3-násobek. V nepříznivých případech to je pak až faktor 5 a více.

Aby bylo možno kvantitativně využívat radarová data pro hydrologické účely, je nezbytné zavést dostatečně účinné procedury eliminace nemeteorologických (před-

vším pozemních) radarových odrazů. Dále je potřebné zvýšit přesnost odhadu intenzit srážek následujícím postupem :

- Zajistit přesnost hardwarové kalibrace a stabilitu radaru,
- korigovat data na vertikální profily odrazivosti, t.j. získat nejlepší odhad radiolokalizační odrazivosti v přízemní vrstvě,
- na základě optimálního Z-R vztahu vypočítat intenzitu srážek,
- kombinovat radarový odhad s pozemním měřením srážek.

[16]

Z důvodu výše zmíněného, že radar není schopen zachytit částice s průměrem menším, jak je jeho samotná vlnová délka užitá k měření srážek, jsou data z něj získaná nevhodná pro účely tvorby srážko-odtokového modelu pro danou oblast. Nezachytitelná část srážek radarem by mohla být stěžejní pro tvorbu modelu, kdy by díky tomuto objemu již nemusel systém splňovat požadavky naproti tomu, kdy by se objem do modelu nezapočítal. Náповědou k tomuto závěru je však také to, že se tento radar používá k předpovědi počasí a sledování okamžitých srážek v rámci orientační roviny. Je však vhodným doplňkem pro měření pozemní, kde se využívá srážkoměrů.

Srážkoměrné satelity

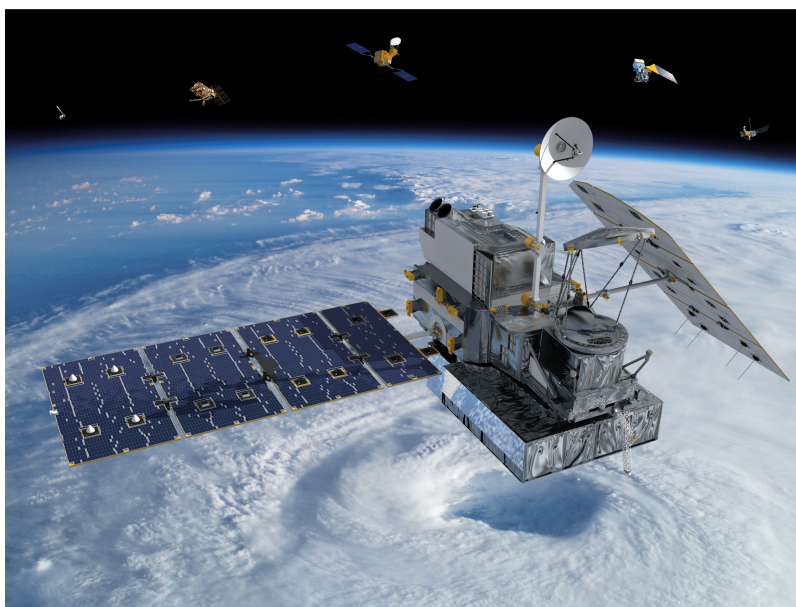
Celosvětově využívanou metodou k zjištění srážek, nebo přítomnosti oblak v atmosféře jsou družice, neboli satelity na oběžné dráze. Globálně je pro tento způsob získávání srážkových dat nazýván GPM (Global Precipitation Measurement). Tyto satelity dokáží pokrýt velké plochy. Hlavními hráči na trhu v globálním měření srážek pomocí satelitů jsou NASA (National Aeronautics and Space Administration) jež je institucí federální vlády USA a JAXA (Japan aerospace Exploration Agency), která je národní vesmírnou agenturou Japonska. Srážky jsou těmito institucemi měřeny pravidelně každé 2 až 3 hodiny. Snahou agentury NASA je pokrýt celou plochu planety Země úzce spolupracující sítí satelitů dodávajících pravidelné informace o aktuální situaci v atmosféře. Tyto informace jsou pak poskytovány pro předpověď počasí (podobně jako pozemní radary), pro studium globálních klimatických změn a doplnění informací získaných z jiných srážkoměrných metod.

GPM produkuje a poskytuje širokou škálu dat týkajících se srážek. Dle oficiálních stránek agentury NASA jsou data využívána obecně pro:

- Zlepšení povědomí o cyklech vody na planetě Zemi a propojení se změnami klimatu,
- nové náhledy na mikrofyzikální chování srážek, bouřkových struktur a velkoplošných atmosferických procesů,

- rozšíření schopnosti v monitorování a předpovídání chování hurikánů a dalších extrémních jevů v atmosféře,
- zlepšení schopnosti předpovídat přírodní pohromy jako povodně, dlouhá sucha a sesuvy půdy,
- analýzu růstu plodin za daných srážkových podmínek a monitorování zdrojů pitné vody.

[18]



Obr. 1.12: Vizualizace hlavní GPM observatoře a partnerských družic

Srážkoměry

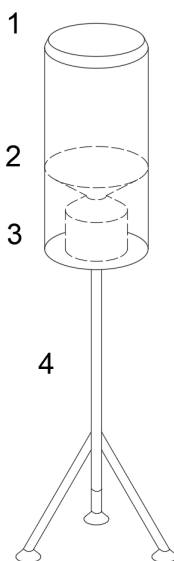
V roce 1995 bylo na světě v provozu přibližně 200000 operativních srážkoměrných stanic. V České republice je současná hustota hlášené srážkoměrné sítě pro sledování regionálních srážek v dolních částech povodí postačující, ve vyšších a horských oblastech však již ne. Pro vystižení lokálních přívalových srážek nebude bohužel tato síť pozemních stanic pravděpodobně nikdy dost hustá. Ve správě ČHMÚ je cca 800 stanic měřících srážky, z toho přes sto stanic pracuje v operativním režimu a předává 24 hodinové úhrny, a jen cca 40 stanic je profesionálních. Do budoucna se předpokládá zvýšení hustoty srážkoměrné sítě a profesionalizace všech operativních stanic. Nabízí se také využití stávající srážkoměrné sítě státních podniků Povodí.[5]

Srážkoměry neboli ombrometry fungují obecně na principu zachycení vláhy z určité malé plochy do záchytné nádrže. Bohužel je toto měření ovlivněno nerovnoměrným rozptýlením srážek při dešti, povětrnostními podmínkami a výparem již do-

padlých srážek. Na území České republiky se v dnešní době používají tyto základní druhy srážkoměrů, jež podléhají jednotlivě různým modifikacím a kalibracím.

Standardní ombrometr

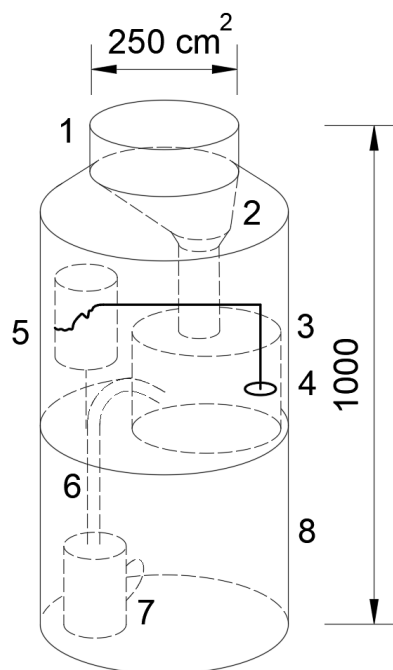
Jedná se o nezaznamenávající srážkoměr, co pouze sbírá srážky, ale netvoří záznam. Je potřeba samostatné obsluhy, která jednou denně zaznamená příbytek vody v ombrometru. Za účelem zjištění srážkového úhrnu se objem v nádobě vydělí plochou nálevky (500 cm^2). [7]



Obr. 1.13: Vizualizace standardního ombrometru; 1 - ostrá hrana, 2 - vnější obal, 3 - vnitřní nádoba, 4 - podpora ombrometru

Ombrograf

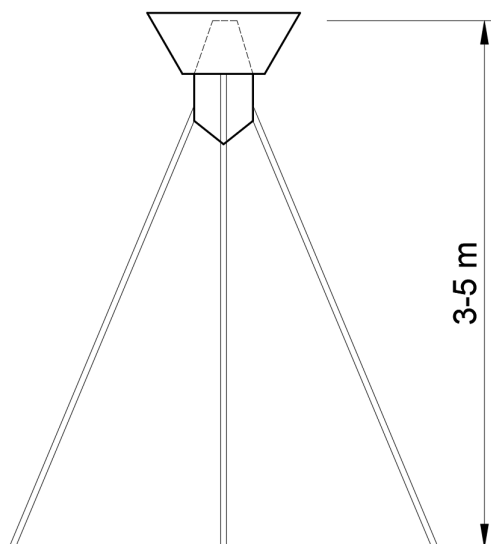
Srážkoměr, jež je schopný v čase zaznamenávat změnu příbytku srážek. Principem je zachycení srážek nálevkou o ploše 500 cm^2 a svedení do sběrné nádoby. Ve sběrné nádobě se nachází plovák, který zachycuje polohu hladiny na svislé ose pomocí zapisovacího aparátu, jež zaznamenává změny v čase na papíře navinutém na bubnu. Tento papír se otáčí pomocí hodinového strojku v ombrografu. Po naplnění nádoby dojde k vyprázdnění pomocí násosky. Na záznamu se tento děj projeví prudkým poklesem čáry. Z grafu lze pak vyčíst průběh srážek v čase a podle strmosti pak intenzita dané srážky. [5] [7]



Obr. 1.14: Vizualizace principu ombrografu; 1 - ostrá hrana, 2 - nálevka, 3 - měrná nádoba, 4 - plovák, 5 - buben s papírem, 6 - násoska, 7 - sběrná nádoba, 8 - vnější nádoba

Totalizátor

Je hojně využíván v horských oblastech tam, kde je obtížný terén a přístup. Obsahuje roztok chloridu vápenatého ($CaCl_2$) ve kterém se pevné srážky rozpouštějí. Tento roztok je chráněn vrstvou vazelinového oleje. Pevné srážky padají na sběrnou kuželovitou plochu, jež je chráněna širokým Nipherovým kuželem. Srážky pak stékají do sběrné válcovité nádoby s dostatečným obsahem pro celé měrné období. [5] [7]



Obr. 1.15: Vizualizace totalizátoru

Impulzní srážkoměr

Měření srážek je založeno na principu počítání pulsů od překlopení děleného překlápěcího člunku umístěného pod výtokem nálevky. Déšť nebo roztátý sníh protéká otvorem ve středu nálevky do horní poloviny děleného nakloněného člunku. Když se horní polovina naplní 5 ml srážek, člunek se překlopí. Tím současně vyteče voda z nyní spodní poloviny člunku a pod výtok nálevky se umístí druhá polovina děleného člunku. Strídání naplnění a překlápění člunku pokračuje po celou dobu trvání deště. Feritový magnet zatmelený do těla člunku při každém překlopení sepne jazýčkový kontakt, zalitý v držáku člunku. Připojená registrační jednotka může vypočítat z počtu pulsů a z prodlevy mezi pulsy jak celkové množství srážek, tak maximální intenzitu deště a může také provádět dynamickou korekci váhy pulsu pro zvýšení přesnosti měření[21] Pro opevnění se užívá nerezový stojan na betonových dlaždicích, který zamezí překlopení při horších povětrnostních podmínkách. Díky trojstojnicovému systému stojanu jej lze umístit na nerovné podloží (svah kopců). Výška stojanu je uzpůsobena, aby byla horní hrana nálevky srážkoměru 1 m nad terénem.



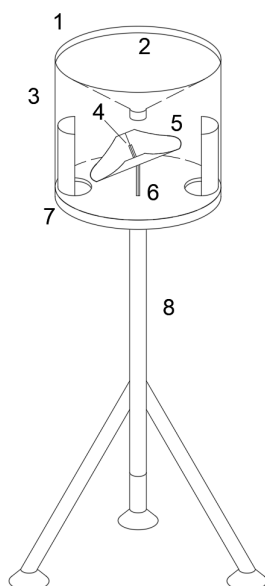
Obr. 1.16: Impulzní srážkoměr značky Fiedler



Obr. 1.17: Srážkoměr S2 - Úpravna vody, pohled shora

Člunkový srážkoměr

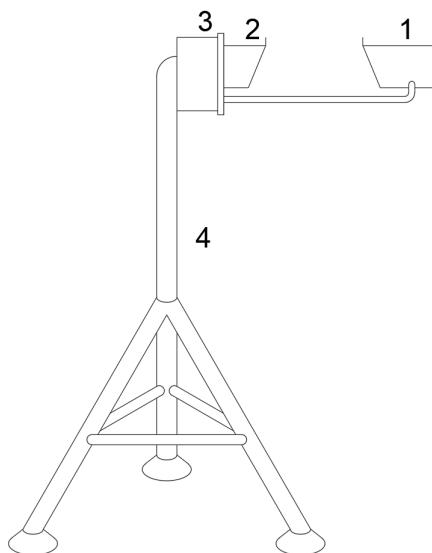
Je meteorologické zařízení, jehož princip spočívá ve sběru srážek skrze nálevku do jedné ze dvou zkalibrovaných sběrných nádob. Až se jedna z nádob naplní, dojde k překlopení na otočném čepu, vyprázdnění a aktivuje se magnetické čidlo, které zaznamená vyprázdnění. Zatímco voda odtéká, otočením se pod nálevku dostane druhá nádoba a proces se opakuje. [7]



Obr. 1.18: Vizualizace člunkového srážkoměru; 1 - ostrá hrana, 2 - nálevka, 3 - vnější nádoba, 4 - magnet, 5 - kalibrovaná nádoba, 6 - otočný čep, 7 - výtok, 8 - stojan

Disdrometr

Jedná se o srážkoměr využívající laseru, který dokáže zachytit i minimální kapku. Průměr částic se vypočte z amplitudy redukce a rychlost dopadu částice se stanoví z doby trvání redukovaného signálu. Disdrometr také odhaduje intenzitu, množství a typ srážek. Nevýhodou je možnost prolétnutí externího předmětu a vytvoření tak chybného záznamu.[7]



Obr. 1.19: Vizualizace disdrometr; 1 - laserový vysílač, 2 - přijímač, 3 - záznamová jednotka, 4 - stojan

V dnešní době se nejedná o nejpoužívanější srážkoměr na území České republiky, avšak jeho výhody do budoucna jsou velmi vysoké. Jelikož srážkoměr disponuje technologií, která reaguje na srážky téměř okamžitě (naproti člunkovému srážkoměru - opoždění v rámci minut) je možné tak v reálném čase upravovat části stokové sítě, jež mají účel regulace průtoku a zamezit tak předčasnému přehlcení v jistých úsecích. Rozdíl v minutách může být u přívalových dešťů stěžejní a přesně tuto schopnost včasného informování je disdrometr schopný poskytnout.

2 Vybrané území města Znojma a jeho hydraulický model

2.1 Základní údaje o provozovateli sítě

Provozovatelem sítě je Vodárenská akciová společnost, a.s. spravující dodávku a ošetření vody pro Jihomoravský kraj a kraj Vysočina. Společnost byla založena v roce 1993 a pro město Znojmo existuje samostatná divize se sídlem Kotkova 20, 670 25 Znojmo (umístění srážkoměru S1). K roku 2019 jsou správcem uváděny následující data o jeho sítích.[20]

| | |
|--|-------|
| Počet obyvatel zásobovaných pitnou vodou | 81184 |
| Počet provozovaných obcí včetně místních částí | 104 |
| Délka vodovodní sítě[km] | 1098 |
| Délka kanalizační sítě [km] | 515 |
| Počet úpraven vody | 8 |
| Počet čistíren odpadních vod | 26 |

Tab. 2.1: Celková data o spravovaných sítích VAS, a.s.

2.2 Klimatické a hydrologické poměry

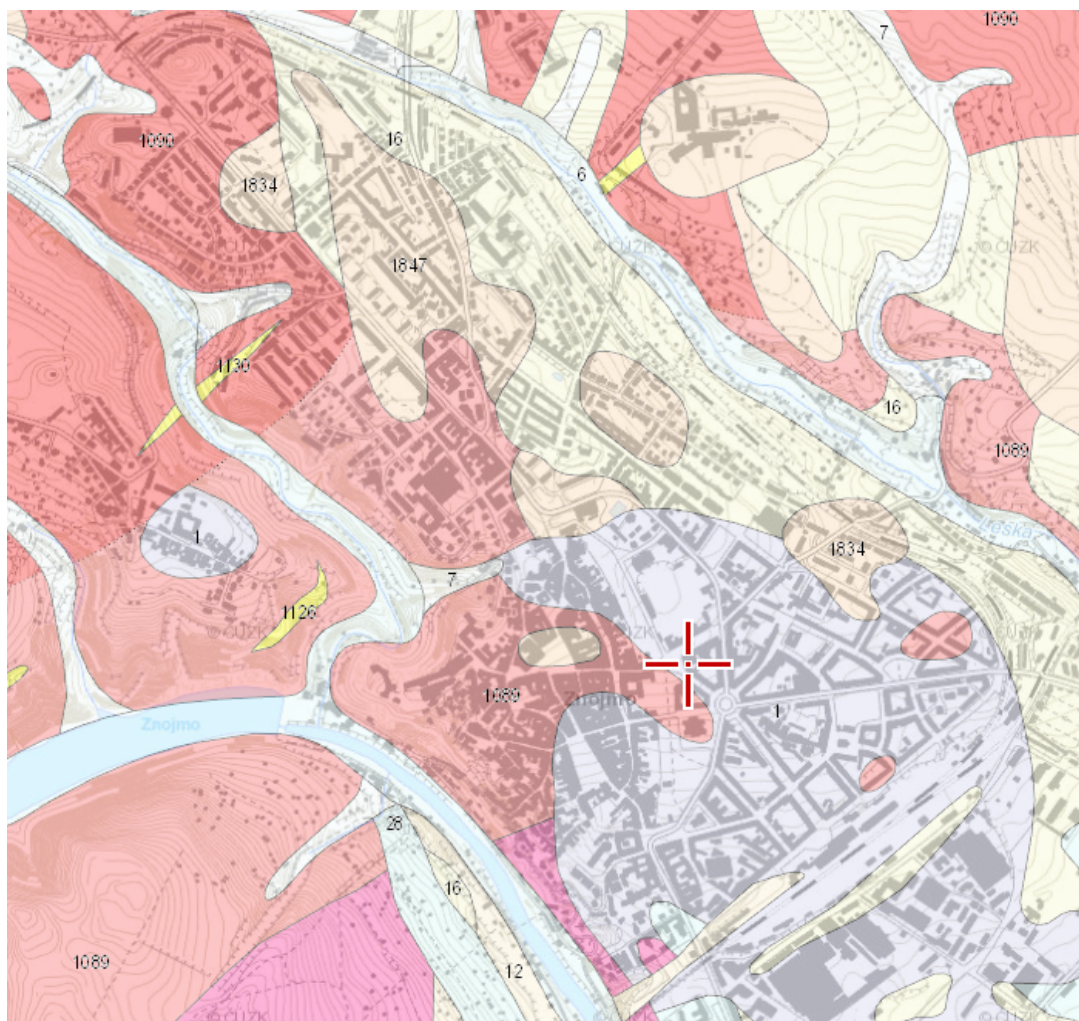
Podnebí okresu, jak již název města Znojma napovídá (znoj, nebo-li pot), je teplé a suché. Průměrná roční teplota se v dlouhodobém časovém normálu pohybuje v závislosti na nadmořské výšce mezi 7 až 8,5°C. Roční úhrn srážek kolísá mezi 300 – 550 mm a je ovlivněn srážkovým stínem Českomoravské vrchoviny. Nejvýše položeným místem okresu je Suchá hora u Zblovic, jejíž vrchol je 521 metrů nad mořem. Nejnížší místo okresu je 175 metrů nad mořem a nachází se na soutoku Dyje a Jevišovky. Celé území okresu náleží do povodí řeky Dyje, která je tak nejvýznamnější řekou okresu. Na jejím horním toku byla ve třicátých letech minulého století vybudována Vranovská údolní nádrž. Tato slouží nejen jako zásobárna vody pro část okresů Znojmo a Třebíč, ale kromě výroby elektrické energie také vyrovnává i průtok na střední části toku. Postupem doby se tato přehrada stala také hlavním letním rekreačním centrem. V roce 1966 byla na okraji Znojma na řece Dyji vybudována vodní nádrž, která je významnou zásobárnou vody pro město. [19]

Naměřená srážková data z území také naznačují, že jsou v oblasti často dlouhá období bez dešťů, nebo deště s minimálním úhrnem. Jak je tedy výše zmíněno, tak se jedná o oblast suchou, ve které probíhá mnoho extrémů a to jak vysokých teplot, dlouhých období sucha, tak přívalových dešťů s velkými úhrny za krátkou dobu. Z naměřených dat se jedná například o dešť ID: 20180706 s úhrnem 18.2 mm za 15 minut, jež probíhal nad severozápadní polovinou města a předcházelo mu období od 28.6.2018 do 4.7.2018 (celkem 7 dní), kdy nebyla naměřena žádná data ani jedním srážkoměrem (i když měl dešť ID 20180605 vyšší úhrn srážek na S2, tak na S1 byl značně nižší než u zvoleného deště). Zmíněná řeka Dyje protéká od západního okraje města až po jižní stranu, kde je zaústěn výtok z místní ČOV v jakožto nejnižším bodě města. Na opačné straně města protéká řeka Leska, která se vlévá do Dyje po přítoku z ČOV. Obě řeky jsou využívány k vyústování odlehčených vod ze všech odlehčovacích komor na síti.

2.2.1 Geologické podloží

Pro srážko-odtokový model je důležité určení geologického podloží řešené oblasti, jelikož materiál v podloží ovlivňuje možnost vsaku vody a tím také procento odtoku z dané plochy. V budoucích fázích optimalizace dat v modelu by bylo ideální provést geologický průzkum pro jednotlivé odtokové okrsky. To však není zatím relevantní pro tuto fázi tvorby modelu a proto se bude při kalibraci využívat níže zmíněné mapy a jejich informací.

Pro základní kalibraci modelu je možné využití četných geologických map České republiky. Nejproblémovější plocha řešeného území je historická část Znojma, jež se nachází na skalním podloží a to konkrétně na biolitickém granitu značeném červenou barvou na mapě na obrázku 2.1. Jedná se přibližně o jednu třetinu plochy. Další třetinu tvoří podloží navážky, haldy a jiných navezených podloží. V tomto případě se jedná o dobře propustný materiál. Poslední třetina je rovnocenným dílem dělena na šterky a sprašovitou hlínu. Oba materiály jsou opět dobře propustné. Z těchto zjištění je možné usoudit, že nejvíce problémová bude část území s podložím, které je tvořeno granitem. Zároveň se z velké části jedná o historickou část města Znojma, jež je sama o sobě tvořena velkým procentem nepropustných ploch.



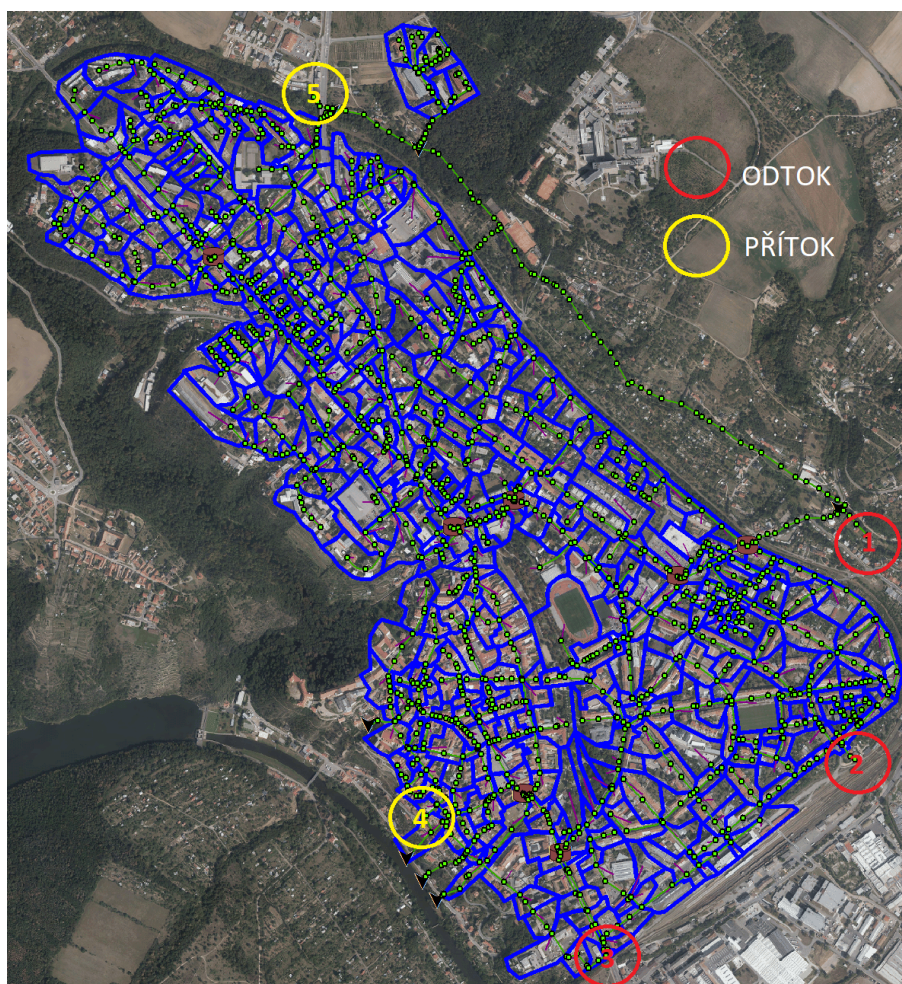
- štěrky, štěrkovitý písky, písky [ID: 1834]
- biotitický granit [ID: 1090]
- spraš a sprašová hlína [ID: 16]
- nivní sediment [ID: 6]
- štěrky, štěrkovitý písky, písky [ID: 1834]
- vápnité a nevápnité jílovce, prachovité jílovce a prachovce, jíly, místy ryolitové tufity a tufitické jíly (Znojemsko), vložky písku a štěrku [ID: 1847]
- navážka, halda, výsypka, odval [ID: 1]
- biotitický granit [ID: 1089]
- aplit, pegmatit [ID: 1130]

Obr. 2.1: Mapa geologického podloží [24]

2.2.2 Vymezení území

Pro účely práce bylo vymezeno zájmové území části města Znojma. Jedná se o část, na jejichž území se nachází nejstarší části stokové sítě města a zároveň tak nejproblémovější. Úkazy na síti během kritických deštů byly bezesporu hlavními důvody poptávky VAS a.s. (Vodárenská Akciová Společnost a.s.) po modelu jimi spravované jednotné stokové sítě. Účelem tvorby tohoto modelu je vizualizace chování jednotlivých bodů na síti v modelovém prostředí programu MIKE Urban 11, jež spojuje databáze GIS podkladů a modelování hydraulického modelu programu SWMM.

Samotné území tedy bylo vymezeno dle následující mapy, kde žlutá barva značí přítoky v podobě čerpaného přítoku č. 4 z části Znojmo Hradiště a gravitačního přítoku 5 z obce Přímětice. Červeně vyznačená místa 1-3 pak značí body na síti, které byly brány jako konečné a síť za nimi již nebyla modelována. Tímto způsobem se vymezilo řešené území okrajovými podmínkami.



Obr. 2.2: Mapa vymezeného území, zdroj ortofoto: cuzk.cz

2.3 Etapy vývoje a zpracování práce

2.3.1 Srážková data

V řešené lokalitě byla data získávána na třech stávajících srážkoměrných stanicích dlouhodobě využívaných ke sledování dešťových poměrů na území města Znojma. K získání hodnot srážek byly využity tři srážkoměry, jež zaznamenávaly data v období od 1.5.2018 do 17.9.2018. Data obsahovala hodnoty naměřené v rámci 1 minuty a dále byly součtovou metodou vytvořeny 15 minutové a 120 minutové deště. Záznam 15 minutových dešťů byl prováděn od celé hodiny například 12:00, poté 12:15, 12:30, 12:45 atd. První srážkoměr byl umístěn na ulici Kottkova a nese označení S1. Druhý srážkoměr se nacházel v lokalitě místní úpravný vod s označením jako srážkoměr S2. Třetí a poslední srážkoměr byl umístěn v lokalitě místní ČOV s označením S3. Ve všech třech případech se jedná o impulzní typ srážkoměru značky Fiedler o ploše 200 cm^2 .



Obr. 2.3: Srážkoměrné stanice na území města Znojma, zdroj: Mapy.cz



Obr. 2.4: Srážkoměr
S1- Kotkova

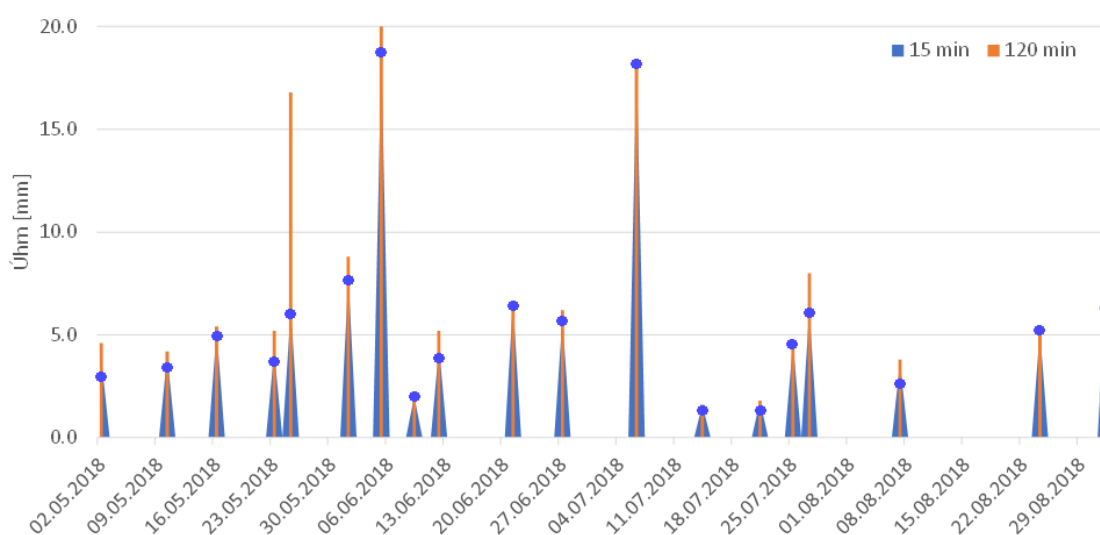


Obr. 2.5: Srážkoměr
S2 - Úpravna vody



Obr. 2.6: Srážkoměr
S3 - ČOV

Tato srážková data pak byla analyzována a byl separováno N „vybraných“ 15 minutových dešťů. Pro kvalifikaci byl brán déšť buď takový, jež svým minutovým úhrnem dosahoval alespoň jedenkrát hodnoty 0,6 mm, nebo takový déšť, který v 15 minutovém trvání dosáhl hodnoty úhrnu alespoň 3 mm. Pro každý následující déšť byla přiřazena data z dalších 2 srážkoměrů pro porovnání směru průběhu deště. Předevšímními podmínkami bylo vybráno 20 zájmových dešťů, kterým byl přiřazen kód dle data výskytu a pořadí daného dne ve smyslu RRRRMMDD-X. Výskyt těchto dešťů v měřeném období je znázorněn v grafu na obrázku 2.2, kde časovou osu znázorňuje osa x a na ose y jsou hodnoty 15 a 120 minutových dešťů v mm.



Obr. 2.7: Graf výskytu kritických dešťů v měřeném období

Porovnání naměřených dat s Truplovými tabulkami

Úhrny všech dešťů byly porovnány s Truplovými tabulkami (1958) z města Znojma. Tímto se dá zhruba určit jakou periodicitu má takový déšť, který byl reálně naměřen. Naměřené hodnoty však neodpovídají přesně těm, které jsou v Truplových tabulkách. Tyto hodnoty byly zaokrouhleny pro určení periodicity. Zájmová data z Truplových tabulek jsou znázorněna v následující tabulce:

| doba trvání deště t [min] | celkový úhrn deště [mm] za dobu t při periodicitě n | | | | | | |
|--------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 2 | 1 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | 0.05 |
| 15 | 5.1 | 8.9 | 12.2 | 15.8 | 20.6 | 24.4 | 28.2 |
| 120 | 7.3 | 13.5 | 19.0 | 25.1 | 33.6 | 40.1 | 46.7 |

Tab. 2.2: Vybraná data úhrnů pro 15 min a 120 min deště; ing. J. Trupl, 1958

Porovnání proběhlo vůči periodicitám i úhrnům. Pro přesnější určení periodicity byly hodnoty Truplových tabulek interpolovány. Charakter nevýznamnosti některých vybraných dešťů pro modelování - užití při modelu a tím zařazení do kritických dešťů byl potvrzen po porovnání s tabulkami Ing. Trupla. V polovině případů se jednalo o deště s periodicitou větší než 5, což byla nejvyšší periodicity v Truplových tabulkách. Další 2 deště byly srovnatelné svým úhrnem k periodicitě 5, 5 dešťů bylo téměř rovno úhrnu s periodicitou 4 a jeden déšť s periodicitou 3. Dva nejkritičtější naměřené deště se vyrovnávali úhrnům periodicity 0,3. Pro modelování území je tak schůdné, že byly naměřeny tyto dva velmi kritické deště, jež se objevují na území jednou za skoro 3,5 roku. Vše je tedy znázorněno v následující přehledné tabulce všech dešťů a jejich porovnání.

| Hodnoty vybraných 15ti minutových dešťů | | | | | | | | | | | | | | | Přirovnání k Truplovým tabulkám | | | | Objem Blokového deště [m ³] | | |
|---|------------------|-----------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|---------------------|----------------|----------------------|-----------------|--------|---------------------------------|--------|---------|--|---|--|--|
| ID deště | Čas ukončení | Úhrn [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | S1 | | S2 | | S3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 15 min | 120 min | 15 min | 120 min | 15 min | 120 min | 15 min | 120 min | Periocita 15 min | Úhrn 15 min | Periocita 120 min | Úhrn 120 min | 15 min | 120 min | 15 min | 120 min | | | | |
| 20180502 | 02.05.2018 22:15 | 1.0 | 1.8 | 1.0 | 2.6 | 3.8 | 4.6 | | | >5.0 | <5.1 | >5.0 | <7.3 | 38 | 46 | | | | | | |
| 20180510-1 | 10.05.2018 18:26 | 3.2 | 3.2 | 3.0 | 5.2 | 3.2 | 3.2 | | | >5.0 | <5.1 | >5.0 | <7.3 | 32 | 32 | | | | | | |
| 20180510-2 | 10.05.2018 23:56 | 0.4 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 4.2 | | | >5.0 | <5.1 | >5.0 | <7.3 | 40 | 42 | | | | | | |
| 20180516 | 16.05.2018 13:18 | 0.2 | 0.8 | 0.0 | 0.2 | 5.2 | 5.4 | | | 5.0 | 5.1 | >5.0 | <7.3 | 52 | 54 | | | | | | |
| 20180523 | 23.05.2018 17:11 | 4.2 | 5.2 | 1.2 | 1.2 | 1.0 | 2.0 | | | >5.0 | <5.1 | >5.0 | <7.3 | 42 | 52 | | | | | | |
| 20180525 | 25.05.2018 6:31 | 6.2 | 16.8 | 0.4 | 0.8 | 0.8 | 1.2 | | | 4.0 | 6.4 | 1.5 | 16.3 | 62 | 168 | | | | | | |
| 20180601 | 01.06.2018 13:10 | 3.8 | 3.8 | 7.8 | 8.8 | 2.2 | 2.2 | | | 3.0 | 7.6 | 4.0 | 9.4 | 78 | 88 | | | | | | |
| 20180605 | 05.06.2018 12:31 | 0.2 | 0.8 | 18.4 | 20.0 | 0.0 | 12.2 | | | 0.3 | 19.0 | 1.0 | 19.0 | 184 | 200 | | | | | | |
| 20180609 | 09.06.2018 1:24 | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | | | >5.0 | <5.1 | >5.0 | <7.3 | 20 | 20 | | | | | | |
| 20180612 | 12.06.2018 20:15 | 0.2 | 0.8 | 4.4 | 5.2 | 0.4 | 0.6 | | | >5.0 | <5.1 | >5.0 | <7.3 | 44 | 52 | | | | | | |
| 20180621 | 21.06.2018 19:00 | 6.6 | 6.6 | 1.4 | 1.4 | 2.6 | 2.6 | | | 4.0 | 6.4 | >5.0 | <7.3 | 66 | 66 | | | | | | |
| 20180627 | 27.06.2018 17:30 | 4.4 | 6.2 | 5.8 | 6.2 | 0.8 | 4.2 | | | 4.0 | 6.4 | >5.0 | <7.3 | 58 | 62 | | | | | | |
| 20180706 | 06.07.2018 14:21 | 3.6 | 13.6 | 18.2 | 18.2 | 0.2 | 0.8 | | | 0.4 | 17.4 | 1.0 | 19.0 | 182 | 182 | | | | | | |
| 20180714 | 14.07.2018 12:44 | 1.6 | 1.6 | 0.8 | 0.8 | 1.6 | 1.6 | | | >5.0 | <5.1 | >5.0 | <7.3 | 16 | 16 | | | | | | |
| 20180721 | 21.07.2018 16:45 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 1.8 | 0.0 | 0.0 | | | >5.0 | <5.1 | >5.0 | <7.3 | 18 | 18 | | | | | | |
| 20180725 | 25.07.2018 17:10 | 2.0 | 2.0 | 4.6 | 4.6 | 1.2 | 1.2 | | | >5.0 | <5.1 | >5.0 | <7.3 | 46 | 46 | | | | | | |
| 20180727 | 27.07.2018 20:15 | 6.2 | 8.0 | 1.8 | 2.0 | 5.0 | 6.6 | | | 4.0 | 6.4 | 5.0 | 7.3 | 62 | 80 | | | | | | |
| 20180807 | 07.08.2018 17:15 | 0.4 | 0.4 | 3.6 | 3.8 | 0.0 | 0.0 | | | >5.0 | <5.1 | >5.0 | <7.3 | 36 | 38 | | | | | | |
| 20180824 | 24.08.2018 15:15 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 5.2 | 0.0 | 0.0 | | | 5.0 | 5.1 | >5.0 | <7.3 | 52 | 52 | | | | | | |
| 20180901 | 01.09.2018 2:39 | 3.6 | 3.8 | 0.0 | 0.0 | 6.6 | 7.4 | | | 4.0 | 6.4 | 5.0 | 7.3 | 66 | 74 | | | | | | |

Tab. 2.3: Hodnoty vybraných 15 minutových dešťů v porovnání s tab ing. J. Trupla

2.3.2 Vybrané kritické deště

Pro modelové prostředí bylo zvoleno 5 kritických dešťů z celkových 20 vybraných dešťů. Jedná se o deště s nejvyšším srážkovým úhrnem pro 15 minutový déšť a to deště:

| | S1; H [mm] | | S2; H [mm] | |
|-----------------|------------|---------|------------|---------|
| | 15 min | 120 min | 15 min | 120 min |
| 20180525 | 6.2 | 16.8 | 0.4 | 0.8 |
| 20180601 | 4.4 | 6.2 | 7.8 | 8.8 |
| 20180605 | 0.2 | 0.8 | 18.4 | 20.0 |
| 20180621 | 6.6 | 6.6 | 1.4 | 1.4 |
| 20180706 | 3.6 | 13.6 | 18.2 | 18.2 |

Tab. 2.4: Vybraných 5 kritických dešťů pro modelování

Vzhledem k poloze srážkoměrů bylo pro jižní část řešené oblasti zvolena data ze srážkoměru S2 na ulici Kotkova a pro severní část srážkoměr S1 na úpravně vod. Naměřená data jsou pro zvolenou část města Znojma irelevantní, avšak mohou posloužit pro určení pohybu deště.

Směry pohybu dešťů

Dle porovnání výskytu „peaku“ v naměřených hodnotách jednoho srážkoměru a jim odpovídajících hodnot u ostatních srážkoměrů bylo možno určit orientační směr deště. Toto však bylo možné pouze tehdy, nejednalo-li se o déšť takové rozlohy, že nezasáhl do oblastí ostatních srážkoměrných stanic. Pro přesnější určení by bylo případně ideální využití více srážkoměrných stanic a to ideálně 5 kusů, kdy by čtyři z nich tvořily čtverec s orientací světových stran a pátá by byla uprostřed tohoto čtverce (rozložení by bylo pouze přibližně do čtverce vzhledem k terénním podmínkám). S dostupnými daty ze 3 srážkoměrů byly tímto způsobem určeny přibližné směry pohybu vybraných kritických dešťů:

- ID 20180525 jihozápadní/severovýchodní,
- ID 20180601 jihovýchodní,
- ID 20180605 jihozápadní/severovýchodní,
- ID 20180621 jihovýchodní,
- ID 20180706 jihozápadní/severovýchodní.

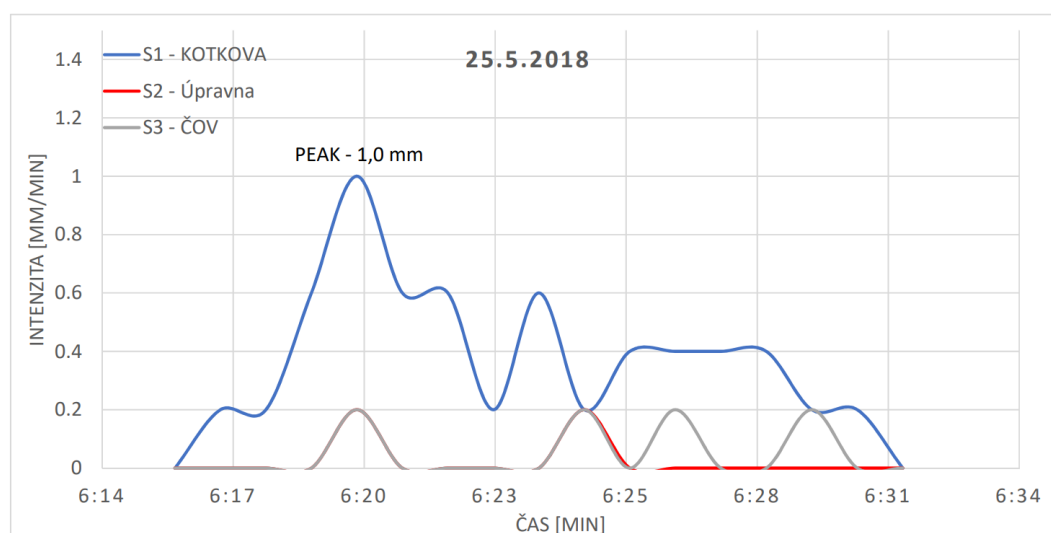
U dešťů s výsledkem „jihozápadní/severovýchodní“ nebylo s ohledem na polohu srážkoměrů možné určit, o který ze dvou směrů se jedná (z tohoto důvodu by bylo vhodné rozložení zmíněné výše a to 4+1)

Data a grafické znázornění

Pro jednotlivé vybrané deště byly vytvořené přehledné tabulky a grafy. V tabulkách jsou vybrané 15 minutové deště s hodnotami v jednotlivých minutách. K datům ze srážkoměru, kde byl déšť naměřen jsou vždy adekvátně přiřazena data z dalších dvou srážkoměrů. Grafické znázornění pak znázorňuje průběh hodnot minutových úhrnů během celého 15 minutového deště.

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|-----------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180525 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 25.05.2018 6:16 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 25.05.2018 6:17 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 25.05.2018 6:18 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 25.05.2018 6:19 | 0.6 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 25.05.2018 6:20 | 1.0 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 25.05.2018 6:21 | 0.6 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 25.05.2018 6:22 | 0.6 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 25.05.2018 6:23 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 25.05.2018 6:24 | 0.6 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 25.05.2018 6:25 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 25.05.2018 6:26 | 0.4 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 25.05.2018 6:27 | 0.4 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 25.05.2018 6:28 | 0.4 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 25.05.2018 6:29 | 0.4 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 25.05.2018 6:30 | 0.2 | 6 | 16.4 | 0.0 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.8 | 1 |
| 25.05.2018 6:31 | 0.2 | 6.2 | 16.8 | 0.0 | 0.4 | 0.8 | 0.0 | 0.8 | 1.2 |

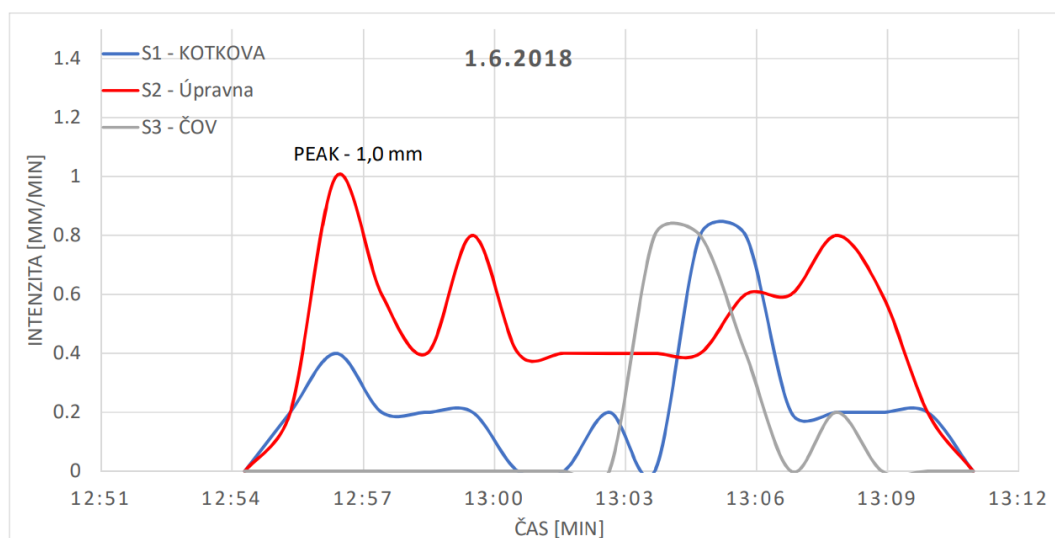
Tab. 2.5: Déšť ID 20180525



Obr. 2.8: Graf průběhu deště ID 20180525

| | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
| LIST 20180601 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 01.06.2018 12:55 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 01.06.2018 12:56 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0.0 | | |
| 01.06.2018 12:57 | 0.4 | | | 1.0 | | | 0.0 | | |
| 01.06.2018 12:58 | 0.2 | | | 0.6 | | | 0.0 | | |
| 01.06.2018 12:59 | 0.2 | | | 0.4 | | | 0.0 | | |
| 01.06.2018 13:00 | 0.2 | 1 | 1 | 0.8 | 3.2 | 3.2 | 0.0 | 0 | 0 |
| 01.06.2018 13:01 | 0.0 | | | 0.4 | | | 0.0 | | |
| 01.06.2018 13:02 | 0.0 | | | 0.4 | | | 0.0 | | |
| 01.06.2018 13:03 | 0.2 | | | 0.4 | | | 0.0 | | |
| 01.06.2018 13:04 | 0.0 | | | 0.4 | | | 0.8 | | |
| 01.06.2018 13:05 | 0.8 | | | 0.4 | | | 0.8 | | |
| 01.06.2018 13:06 | 0.8 | | | 0.6 | | | 0.4 | | |
| 01.06.2018 13:07 | 0.2 | | | 0.6 | | | 0.0 | | |
| 01.06.2018 13:08 | 0.2 | | | 0.8 | | | 0.2 | | |
| 01.06.2018 13:09 | 0.2 | | | 0.6 | | | 0.0 | | |
| 01.06.2018 13:10 | 0.2 | 3.8 | 3.8 | 0.2 | 7.8 | 8.8 | 0.0 | 2.2 | 2.2 |

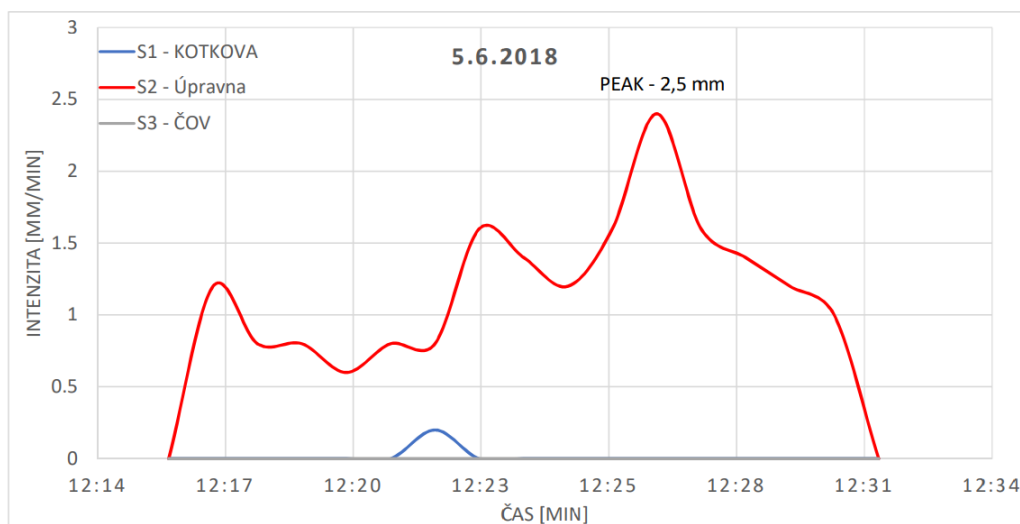
Tab. 2.6: Déšť ID 20180601



Obr. 2.9: Graf průběhu deště ID 20180601

| | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
| LIST 20180605 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 05.06.2018 12:16 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:17 | 0 | | | 1.2 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:18 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:19 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:20 | 0 | | | 0.6 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:21 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:22 | 0.2 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:23 | 0 | | | 1.6 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:24 | 0 | | | 1.4 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:25 | 0 | | | 1.2 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:26 | 0 | | | 1.6 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:27 | 0 | | | 2.4 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:28 | 0 | | | 1.6 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:29 | 0 | | | 1.4 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:30 | 0 | 0.2 | 0.8 | 1.2 | 17.4 | 17.8 | 0 | 0 | 12.2 |
| 05.06.2018 12:31 | 0 | 0.2 | 0.8 | 1 | 18.4 | 20.0 | 0 | 0 | 12.2 |

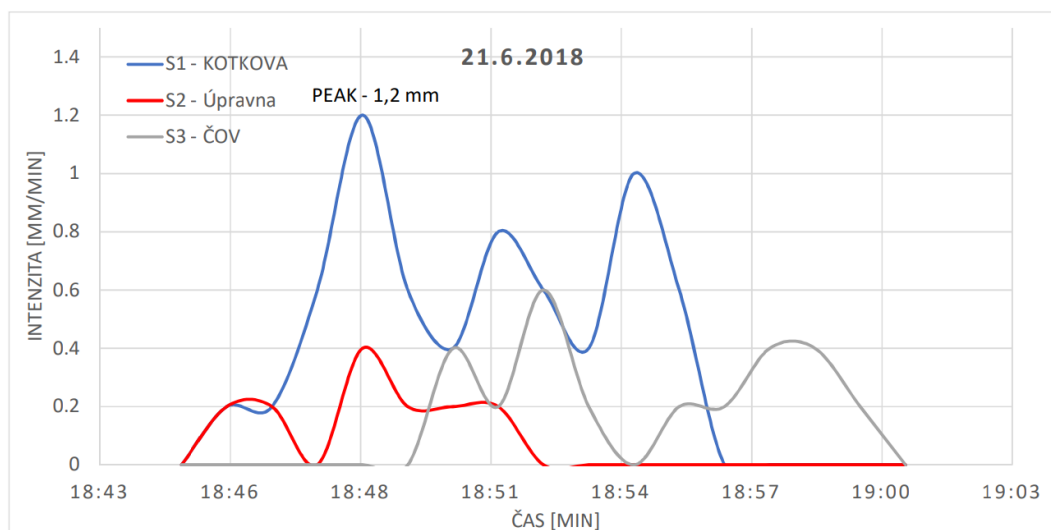
Tab. 2.7: Déšť ID 20180605



Obr. 2.10: Graf průběhu deště ID 20180605

| | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
| LIST 20180621 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 21.06.2018 18:45 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:46 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:47 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:48 | 0.6 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:49 | 1.2 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:50 | 0.6 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:51 | 0.4 | | | 0.2 | | | 0.4 | | |
| 21.06.2018 18:52 | 0.8 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 21.06.2018 18:53 | 0.6 | | | 0 | | | 0.6 | | |
| 21.06.2018 18:54 | 0.4 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 21.06.2018 18:55 | 1 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:56 | 0.6 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 21.06.2018 18:57 | 0 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 21.06.2018 18:58 | 0 | | | 0 | | | 0.4 | | |
| 21.06.2018 18:59 | 0 | | | 0 | | | 0.4 | | |
| 21.06.2018 19:00 | 0 | 6.6 | 6.6 | 0 | 1.4 | 1.4 | 0.2 | 2.6 | 2.6 |

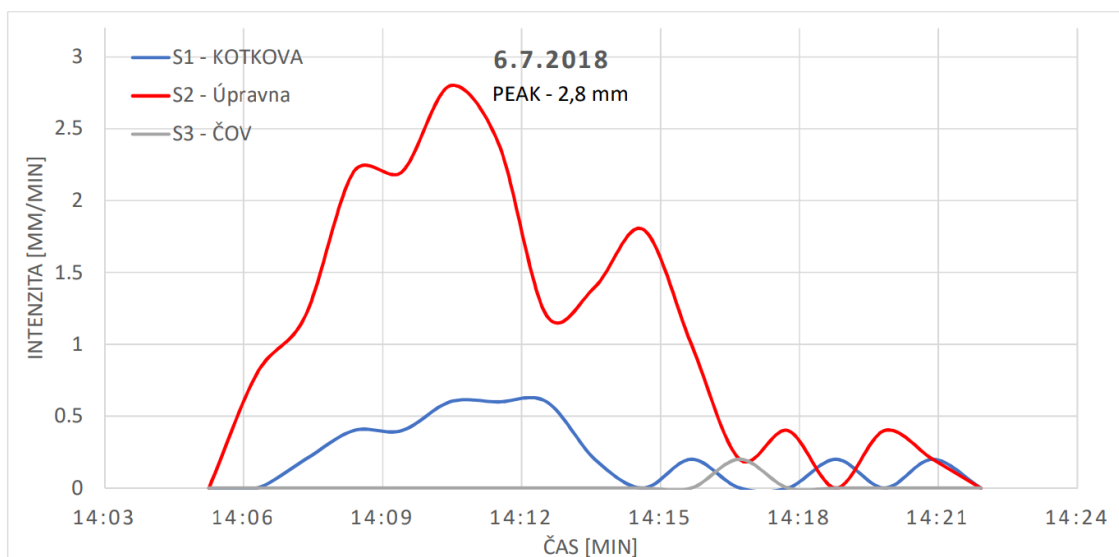
Tab. 2.8: Déšť ID 20180621



Obr. 2.11: Graf průběhu deště ID 20180621

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180706 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 06.07.2018 14:06 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:07 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:08 | 0.2 | | | 1.2 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:09 | 0.4 | | | 2.2 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:10 | 0.4 | | | 2.2 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:11 | 0.6 | | | 2.8 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:12 | 0.6 | | | 2.4 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:13 | 0.6 | | | 1.2 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:14 | 0.2 | | | 1.4 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:15 | 0 | 3.2 | 13 | 1.8 | 14.6 | 14.6 | 0 | 0.2 | 0.6 |
| 06.07.2018 14:16 | 0.2 | | | 1 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:17 | 0 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 06.07.2018 14:18 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:19 | 0.2 | | | 0 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:20 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 06.07.2018 14:21 | 0.2 | 3.6 | 13.6 | 0.2 | 18.2 | 18.2 | 0 | 0.2 | 0.8 |

Tab. 2.9: Déšť ID 20180706



Obr. 2.12: Graf průběhu deště ID 20180525

2.3.3 Topologická data

Základní topologická data o síti byly dodány firmou VAS a.s. (Vodárenská Akciová Společnost a.s.). Jednalo se o data ve vrstvách prostředí GIS a to:

- Nadmořské výšky poklopů šachet,
- nadmořské výšky dna šachet,
- délky, materiál, DN a tvar potrubí,
- nadmořské výšky posunů potrubí (spadiště).

Tato data byla převedena do systému programu MIKE URBAN. I když byla data dostupná, tak kvůli rozdělení na vrstvy v GIS systémech bylo nutné ruční přiřazení vlastností šachtám v modelu, jelikož program MIKE URBAN sice umožňuje nahrání vrstev, avšak v systémech GIS mezi nimi neexistuje logická spojitost. Čili bylo nutno vložit vrstvu potrubí, kde si program vytvořil vlastní vrstvu uzlů, kterými potrubí prochází a dochází v nich ke změnám - sklon, materiál, DN.

Šachty

Do pole šachet (nodes na ob 2.13) bylo nutno zadat typ uzlu - šachta (1 - junction), nadmořskou výšku dna (2 - invert level) a hloubku šachty (3 - max depth). Avšak dodaná data neměla vrstvu hloubek šachet, ale i přes tento nedostatek bylo ve vrstvách GIS možno v programu ArcGIS přidat vrstvu, jež odečítala nadmořské výšky dna šachet a poklopů, čímž bylo eliminován ruční odečet, jež by byl nutný při zadávání do programu SWMM, který neumožňuje vklad souřadnicových systémů.

Nodes [Base]

Identification & connectivity

Asset ID:

Junction ID:

Junction type: 1

X coordinate:

Y coordinate:

Description:

Data source:

Status:

Network type:

Links:

Tag:

Junction Storage Unit Outfall Flow Divider

Invert level: 2

Max depth: 3

Ponded area:

Initial depth:

Surch. depth:

Obr. 2.13: Dialogové okno šachty v programu MIKE URBAN

Spadiště

Ve sklonitém reliéfu se na síti vyskytují spadiště, jež jsou řešeny v programu MIKE URBAN v dialogovém okně potrubí, kdy se zadává „odskok“ potrubí ode dna šachty. V okně je možnost změny posunu na počáteční šachtě (1 - inlet invert) a na konečné (2 - outlet invert). Pro spadiště je tedy měněno pole druhé.

| Identification & connectivity | |
|-------------------------------|--------|
| Asset ID: | |
| Link ID: | 120348 |
| Tag: | Beton |
| Inlet node ID: | 1_402 |
| Outlet node ID: | 1_409 |
| Description: | 1200 |

| Geometrical and hydraulic properties | |
|--------------------------------------|----------|
| Conduit geometry | |
| Conduit shape: | CIRCULAR |
| Length: | |
| Geom. depth: | 1,200 |
| Sediment depth: | 0,000 |
| Inlet invert: | 0,00 |
| Outlet invert: | 1,75 |
| Left side slope: | |
| Right side slope: | |

Obr. 2.14: Dialogové okno potrubí v programu MIKE URBAN

Odlehčovací komory

Objekty OK (Odlehčovací komora) jsou pro zadávání do programu MIKE URBAN složitějším celkem. Samotný program nemá tento objekt ve své nabídce, avšak to neznamená, že není možné vložení OK do modelu. Pro tento model byla zvolena metodika rozdělení OK na jednotlivé objekty, které program zná a umí s nimi pracovat. OK tak byla rozdělena na následující objekty:

Akumulační nádrž (Storage unit, obr. 2.15) nahrazovala faktor akumulace vody, kde bylo nutno zadat nadmořskou výšku (invert level, viz šachty) dna OK, kde byla uvažována výška na odtoku a hloubku (max depth, viz šachty). Sklon byl pak nahrazen odskokem přítokových potrubí (inlet invert, viz spadiště).

Junction Storage Unit Outfall Flow Divider

Geometry type: TABULAR

Coefficient: Infiltration: ☐

Constant: Suction Head:

Exponent: Conductivity:

Evaporation: Initial Deficit:

Geometry ID: OK7A

Obr. 2.15: Dialogové okno akumulční nádrž v programu MIKE URBAN

Přelivná hrana (Weir, obr 2.16) byla popsána hodnotami výšky od samotné hrany (2 - height), výšky přepadové hrany ode dna (3 - crest high), délkou přepadové hrany (4 - length) a typem přelivu (1 - weir type), kde byla vždy zvolena možnost „transverse“ neboli přímý přepad. Pole součinitele přepadu (5 - discharge coeff.) bylo ve všech případech vyplněno hodnotou 1,84, jež odpovídá ostrohranému přelivu.

Weirs [Base]

Identification & connectivity

Asset ID: Data source:

Weir ID: sLink_7 Status: <NULL>

Tag: Network type: <NULL>

Location: 1_2932 ...

To: 13 ...

Description:

Geometrical and hydraulic properties

Weir geometry

1 Weir type: TRANSVERSE

2 Height: 2,00 4 Crest height: 0,17

3 Length: 3,00 Side slope: 0,00

Hydraulic properties

5 Discharge coeff: 1,84 ☐ Flap gate ☐ Can Surge

No end contraction: 0 End coeff: 0,00

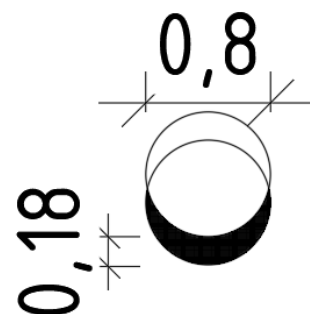
Obr. 2.16: Dialogové okno přelivné hrany v programu MIKE URBAN

V některých OK jsou nainstalovány hrazení na **škrcení** odtoků jak na ČOV, tak na odlehčení. Tato hrazení byla nahrazena krátkým úsekem o délce 0,5m s DN upraveným tak, aby jeho plocha odpovídala ploše škrceného potrubí. V programu AutoCAD (tab. 2.10) byla změřena plocha a pomocí rovnice

$$S = \frac{DN^2 * \pi}{4}$$

spočítáno náhradní DN škrceného potrubí. V případě 100% škrcení byla hodnota DN=0,0001.

| ID komory | DN[m] | výška průtoku [m] | plocha [m ²] | náhradní DN[m] |
|-----------|-------|-------------------|--------------------------|----------------|
| OK1C | 0.40 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 |
| OK2B | 0.80 | 0.18 | 0.143 | 0.4264 |
| OK6A | 0.80 | 0.48 | 0.315 | 0.6332 |
| OK11A | 0.25 | 0.20 | 0.044 | 0.2367 |
| OK11 | 0.25 | 0.20 | 0.044 | 0.2367 |
| OK5A | 0.50 | 0.00 | 0.000 | 0.0000 |
| OKDOB | 0.80 | 0.80 | 0.000 | 0.0008 |
| OK4A | 0.80 | 0.55 | 0.369 | 0.6850 |
| OK2L | 0.40 | 0.20 | 0.077 | 0.3121 |
| OK6L | 0.60 | 0.20 | 0.118 | 0.3871 |



Tab. 2.10: Přepočet škrceného potrubí a vizualizace škrcení v OK2B

Plocha při plnění udávala pro OK její kapacitu. Pro všechny komory byly vytvořeny specifické hodnoty plnění po 10 cm a poslední hladinou byla maximální hladina v komoře. Plocha byla měřena v programu AutoCAD a zapsána do dialogového okna na obrázku č. 2.16. V některých komorách se nacházelo rovné dno, čili plochy plnění tvořily pouze půdorysné rozměry samotných komor, avšak u OK s otevřeným protékajícím potrubím bylo nutno do akumulace nejdříve započítat pouze plnění samotného potrubí do dané výšky pro přesnější průběh plnění komor v modelu.

V samotném modelovaném území se nacházelo 6 odlehčovacích komor s akumulací seřazených po směru toku stokové sítě a to:

- OK8A (křižovatka ulice Pražská, Legionářská a Zborovská),
- OK7A (náměstí Svobody),
- OK6A (autobusové nádraží. ulice Sokolská),
- OK1C (náměstí Armády),
- OK11A (ulice Kollárova),
- OK5A (křižovatka ul. Vídeňská, Dyjská, Kollárova).

A další 4 odlehčovací komory bez akumulace, trubního typu:

- OK6L (ulice Přímětická),
- OK2C (Ulice Jarošova),
- OK3L (ulice Kuchařovická),
- OK1A6 (ulice V Jirchářích).

Mapa odlehčovacích komor (viz příloha B)

Příklady schematizace OK11A (viz příloha C)

Curves & Relations [Base]

Identification & connectivity

Curve ID:

Type:

Description:

| | Depth [m] | Area [m ²] |
|---|-----------|------------------------|
| ▶ | 0,100 | 0,777 |
| | 0,200 | 1,018 |
| | 0,300 | 1,138 |
| | 0,400 | 1,175 |
| | 0,500 | 3,408 |
| | 0,600 | 3,408 |
| | 0,700 | 3,408 |
| | 0,800 | 3,408 |
| | 1,000 | 3,408 |
| | 1,200 | 3,408 |
| | 1,400 | 7,620 |

Tab. 2.11: Dialogové okno plochy plnění OK7A

Povodí

Pro určení odtokových ploch pro jednotlivé úseky stoky bylo vytvořeno 623 okrsků a všechny tyto okrsky dohromady tvoří povodí řešeného území. Celková plocha povodí je 232km^2 . Okrsky byly tvořeny tzv. „metodou střech“ a ta se řídí sadou jistých pravidel a to: plocha okrsku max 1 ha, délka okrsku (svodného potrubí) max 100 m, sklonitost terénu směrem k potrubí (informace byla získána z mapy na obr. 2.19). Tato pravidla byla při tvorbě většinou dodržena, avšak v jistých případech byla maximální plocha překročena (v oblasti je potrubí přípojky se sběrnými šachtami, avšak v systému není zaznačeno, nebo bylo v rámci zjednodušení modelu eliminováno) a nebo reliéf neudával jinou možnost tvorby okrsku. Příkladem je tak na mapách na obr. 2.19 a 2.20 okrsek č. 61, jehož data jsou viditelné na obr. 2.18 a umístění v hydrotechnické situaci na obr. 2.17.



Obr. 2.17: Výřez hydrotechnické situace pro okrsěk č.60

Routing [Base]

Identification & connectivity

Catchment ID: Catchment_61 Tag:

Load to: Node

Load point ID: 1_35 Description:

Outlet catchment ID: Rain gauge ID: S1

Hydrology & hydraulic properties

| | | | | |
|---------------------|-------|---|------------------------|--------|
| Width: | 61,00 | 1 | Imperv. d. storage: | 1,30 |
| Ground slope: | 20,00 | 2 | Perv. d. storage: | 1,30 |
| Imperviousness: | 60,00 | 3 | % DCIA w/o d. storage: | 25,00 |
| Impervious Manning: | 60,00 | 4 | Subarea routing: | OUTLET |
| Pervious Manning: | 25,00 | | Percent routed: | 100,00 |
| Snowpack ID: | | | Curb length: | 0,00 |

Obr. 2.18: Dialogové okno okrsku v programu MIKE URBAN

Do dialogového okna okrsků (routing, viz obr. 2.18) bylo nutné zadat hodnoty plochy (automaticky spočtena programem), šachta od které se srážková voda do potrubí vlévá (1 - Load point ID; pro navržení nejextrémnějšího případu pro potrubí byly voleny horní šachty úseků), délka okrsku (2 - Width; neboli délka sběrného potrubí), průměrná sklonitost plochy (3 - Ground slope, informace byla získána z mapy na obr. 2.20), procento nepropustných ploch (4 - Imperviousness, informace byla získána z ortofoto mapy dostupné na portálu cuzk.cz)



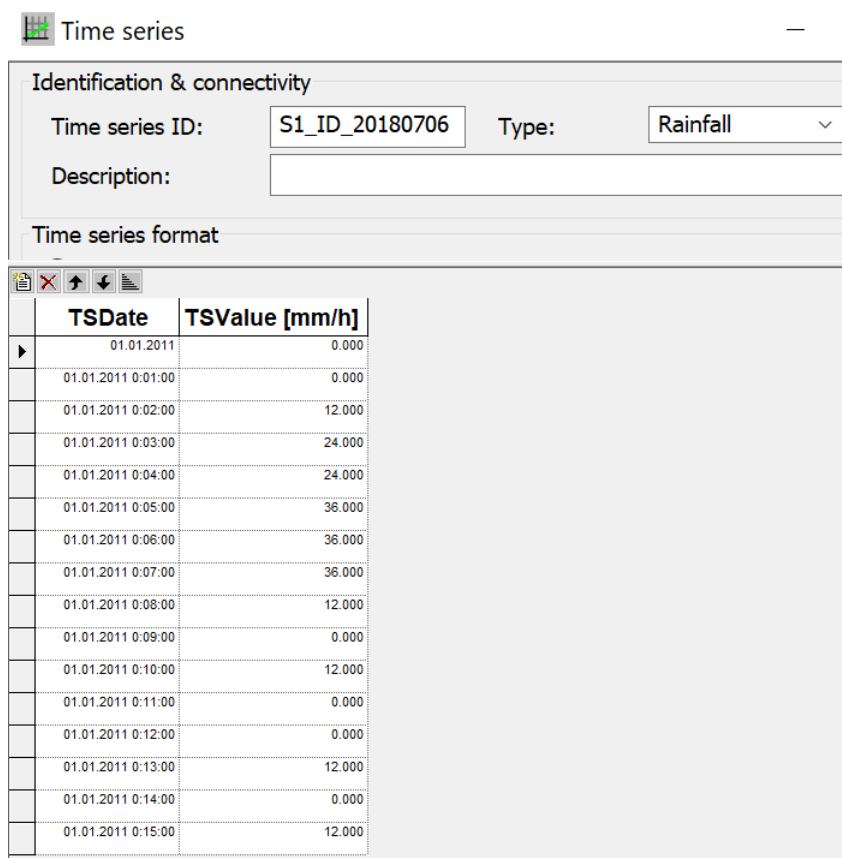
Obr. 2.19: Mapa orientace svahů, zdroj: ags.cuzk.cz



Obr. 2.20: Mapa sklonitosti svahů; zdroj: ags.cuzk.cz


Deště

V modelovém prostředí programu SWMM jsou deště definovány srážkoměrem a jemu odpovídající časovou řadou intenzit. Pro tento model byly vytvořeny 2 prvky srážkoměrů S1 a S2 s tím, že první byl přiřazen okrskům 381-689 a druhý 1-380. Pro každý srážkoměr pak byla vytvořena tabulka (Timeseries, viz obr. 2.21) získaná z naměřených dat. Pro ověření funkčnosti modelu byl použit déšť s největším úhrnem a to ID 20180607 s hodnotou 18,6 mm. V dialogovém okně (Raingauges na obr. 2.22) je nutno zadat ID tabulky deště (1 - Timeseries ID), formát dat deště - intenzita (2 - Format), časový interval kroku je v tomto případě minuta pro 15 minutový déšť, avšak v programu je nutno zadat zlomkem hodiny, který je 0,01667 (3 - Time interval, pro program 0,02)



| TSDate | TSValue [mm/h] |
|--------------------|----------------|
| 01.01.2011 | 0.000 |
| 01.01.2011 0:01:00 | 0.000 |
| 01.01.2011 0:02:00 | 12.000 |
| 01.01.2011 0:03:00 | 24.000 |
| 01.01.2011 0:04:00 | 24.000 |
| 01.01.2011 0:05:00 | 36.000 |
| 01.01.2011 0:06:00 | 36.000 |
| 01.01.2011 0:07:00 | 36.000 |
| 01.01.2011 0:08:00 | 12.000 |
| 01.01.2011 0:09:00 | 0.000 |
| 01.01.2011 0:10:00 | 12.000 |
| 01.01.2011 0:11:00 | 0.000 |
| 01.01.2011 0:12:00 | 0.000 |
| 01.01.2011 0:13:00 | 12.000 |
| 01.01.2011 0:14:00 | 0.000 |
| 01.01.2011 0:15:00 | 12.000 |

Obr. 2.21: Dialogové okno deště programu MIKE URBAN

 Raingauges [Base] — □

Identification & connectivity

Rain gauge ID:

Description:

X coordinate:

Y coordinate:

Raingauge properties

Source data format

☐ File: ...

Station name:

Unit type: ☐ in ☒ mm

☒ Timeseries ID: ... **1**

Format: **2**

Time interval: **3**

Snow catch deficiency correction factor, SCF:

| Rain g | File | Snow | Times | Format | Time i | Descri |
|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| ▶ S1 | TIMES | 1,000 | S1_ID | INTENS | 0,02 | <Null> |
| S2 | TIMES | 1,000 | S2_ID | INTENS | 0,25 | <Null> |

Obr. 2.22: Dialogové okno srážkoměru programu MIKE URBAN

Ostatní informace

Pro fungování modelu je potřeba programu doložit jisté informace, které potřebuje k výpočtu prostředí SWMM. Většina těchto dat bude v budoucnu změněna v rámci kalibrace modelu a zpřesňování modelu vůči reálnému stavu. Následující tabulka shrnuje všechny dodatečné informace potřebné pro vyplnění modelu pro jeho správnou funkci. Ke každému atributu je dodána informace z manuálu programu s dovysvětlením pro lepší porozumění významu atributu.

| Dialogové okno | Atribut | Hodnota | Vysvětlení |
|-------------------------------|-------------------------|----------|---|
| Routing | Imperv. d. storage | 1.3 | výška nepropustné vrstvy se schopností zadržet vodu |
| Routing | Perv. d. storage | 1.3 | výška propustné vrstvy se schopností zadržet vodu |
| Routing | % DCIA w/o storage | 25 | schopnost vegetace zadržet vodu v % |
| Routing | Subarea routing | outlet | jakým způsobem se voda z území odvádí |
| Routing | Curb length | 0 | celková délka patníků v povodí |
| Nodes - Outfall | Outfall type | freefall | popisuje typ výpusti - volný výtok |
| Nodes - Storage unit, Outfall | Initial Depth | 0 | počáteční hloubka při počátku simulace |
| Nodes - Storage unit, Outfall | Surch. Depth | 0 | dodatečná výška plnění šachty po jejím přehlcení |
| Nodes - Storage unit, Outfall | Ponded Area | 0 | plocha, kam se vyprazdňuje přehlcená šachta |
| Nodes - Storage unit, Outfall | Evaporation | 0 | zlomek vypařeného objemu vůči celku |
| Nodes - Storage unit, Outfall | Ponded Area | 0 | plocha, kam se vyprazdňuje přehlcená šachta |
| Nodes - Storage unit, Outfall | Evaporation | 0 | zlomek vypařeného objemu vůči celku |
| Nodes - Storage unit, Outfall | Suction head | 0 | průměrná hodnota kapilární nasákavosti |
| Nodes - Storage unit, Outfall | Conductivity | 0 | schopnost zeminy vést vodu po nasycení |
| Nodes - Storage unit, Outfall | Initial Deficit | 0 | zlomek zeminy, který je na počátku modelování suchý |
| Infiltration | Max infiltration rate | 76.2 | % rozmezí schopnosti infiltrace zeminy |
| Infiltration | Min infiltration rate | 10.92 | |
| Infiltration | Max infiltration volume | 4 | maximální možný objem infiltrace |
| Infiltration | Decay rate | 7 | míra rozpadu |
| Infiltration | DWF regeneration factor | 0 | (Dry Weather Flow) průtok za sucha |

Tab. 2.12: Ostatní atributy potřebné pro správné fungování modelu

2.4 Vyhodnocení hydraulického modelu vybrané části stokové sítě

Modelované území tvoří 1517 šachet, potrubí délky 42946 m a 623 okrsků o ploše 232 km². Po ukončení zadávání všech dat do modelového prostředí je také nutné správně nastavit výslednou simulaci. Simulace je prováděna jednu hodinu s časovým krokem 10 s počítá s odtokem z povrchu dle Hortona. Použit je nejkritičtější déšť ID 20180706 a to z důvodu jeho vysokého úhrnu a průběhu po řešeném území. Jelikož déšť působí především nad severní částí modelu, je zřejmé, že bude mít větší dopad než déšť, který by probíhal nad jižní stranou. Pro nastavení času začátku simulace je nutné sladění s časovou řadou deště tak, aby simulace a déšť začaly ve stejný čas a to v tomto případě 0:00:00. v sekci „Units selection“ na následujícím obrázku je nutno nastavení jednotek simulace a to LPS, značící litry za sekundu. Model procesu je nastaven jako Rainfall/Runoff značící, že model bude simulovat průběh deště a odtoku zároveň. Na další kartě „Runoff“ je dále nutné nastavit typ odtoku a to „Dynamic wave“ jako dynamickou vlnu. Samotná simulace je pak spuštěna tlačítkem „Single run“.

Project

General Runoff Network Summary

Identification & connectivity

Simulation ID: 1

Scenario ID: Base

Description:

Simulation period

Start analysis on: 01.01.2011 0:00:00

End analysis on: 01.01.2011 1:00:00

Start sweeping: 01.01.2011 0:00:00

End sweeping: 31.01.2011 0:00:00

Start reporting: 01.01.2011 0:00:00

Reporting time step: 00:00:10

Units selection

☐ CFS (cubic feet per second) ☐ CMS (cubic meters per second)

☐ GPM (gallons per minute) ☒ LPS (liters per second)

☐ MGD (millions gallons per day) ☐ MLD (million liters per day)

Start simulation

Single run

Process Models

☒ Rainfall/Runoff

☐ Snow Melt

☐ Groundwater

☒ Flow Routing

☐ Water Quality

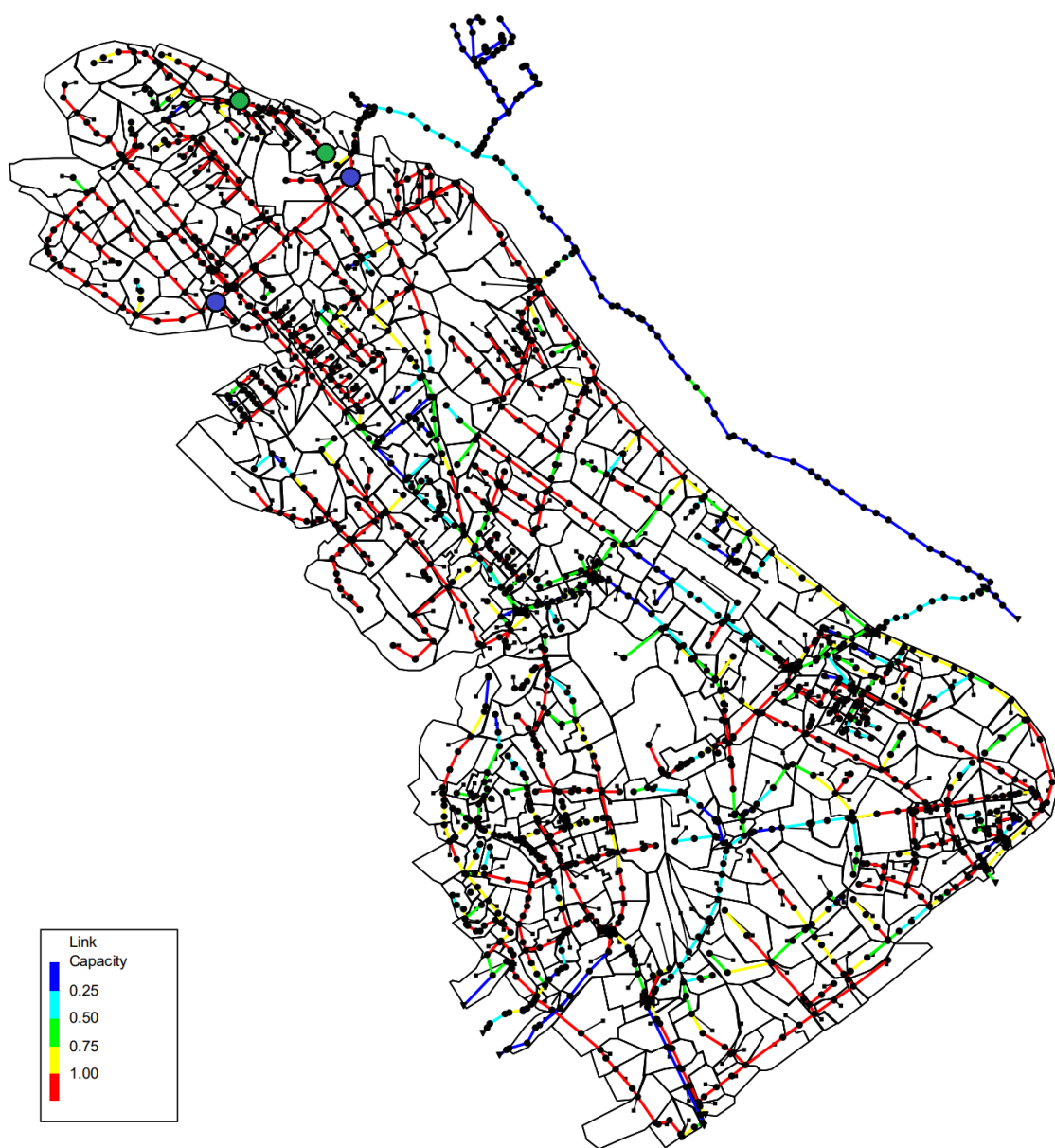
Obr. 2.23: Dialogové okno simulace programu MIKE URBAN

Výsledný model s barevným zvýrazněním kapacity plnění potrubí v kritickém čase 8:50 je vyobrazen na obr. 2.25. Na první pohled je viditelné, že v severních částech dochází ve výrazně vyšší míře k tlakovému proudění (100% plnění). Dochází tak v době, kdy „peak“ deště proběhl před 3 minutami v čase 0:00:06, avšak tento výsledek je také ovlivněn faktem, že spodní polovina modelu má přiřazeny hodnoty srážkoměru S1, kde nebyly naměřeny zdaleka tak vysoké hodnoty jako u S2. Na vybraných podélných profilech na obr. 2.26 a 2.27 (zvýrazněny na mapě 3.2 počátečními a koncovými šachtami modrou a zelenou barvou) lze vidět, že v některých šachtách dochází k vytékání na povrch. Jelikož model není zatím nastaven tak, že se voda vyteklá z šachet navrací zpět do systému, počítá tak model s externí ztrátou těchto výtoků. Dle souhrnné tabulky výsledků se tento objem rovnal 0,45 metru na hektar oproti celkovému objemu deště 1,68 *m/ha* což je v přepočtu na celkovou plochu 389,7 *m* vody. Ostatní objemy jsou jsou vyobrazeny na obr. 2.24, kde v sekci „Runoff Quantity Continuity“ lze vidět hodnoty, které ovlivňují co vše se dostane do potrubí, tedy infiltrace a „final storage“. Tyto hodnoty se budou v budoucnu měnit vzhledem ke kalibrování modelu, aby se naměřené hodnoty na síti rovnaly hodnotě „Surface runoff“, což je odtok z povrchu.

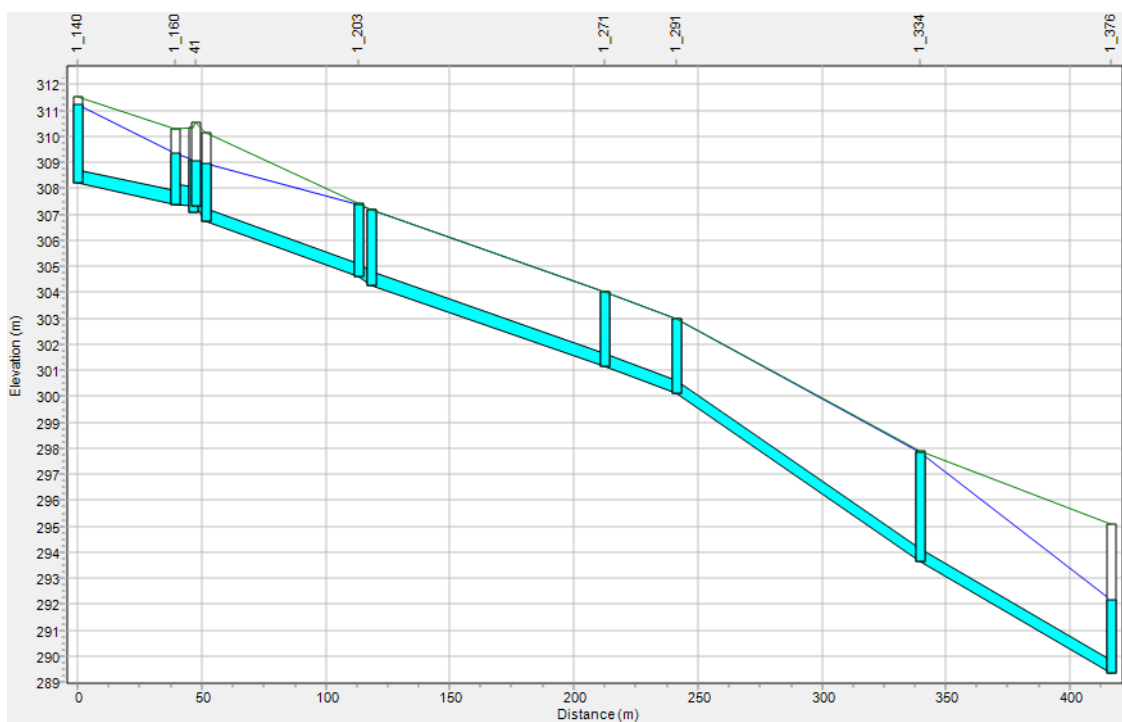
| ***** | Volume | Depth |
|----------------------------|-----------|--------|
| Runoff Quantity Continuity | hectare-m | mm |
| ***** | ----- | ----- |
| Total Precipitation | 2.560 | 11.031 |
| Evaporation Loss | 0.000 | 0.000 |
| Infiltration Loss | 0.750 | 3.232 |
| Surface Runoff | 1.681 | 7.242 |
| Final Storage | 0.146 | 0.627 |
| Continuity Error (%) | -0.639 | |

| ***** | Volume | Volume |
|----------------------------|-----------|----------|
| Flow Routing Continuity | hectare-m | 10^6 ltr |
| ***** | ----- | ----- |
| Dry Weather Inflow | 0.000 | 0.000 |
| Wet Weather Inflow | 1.680 | 16.805 |
| Groundwater Inflow | 0.000 | 0.000 |
| RDII Inflow | 0.000 | 0.000 |
| External Inflow | 0.013 | 0.132 |
| External Outflow | 1.250 | 12.503 |
| Flooding Loss | 0.456 | 4.560 |
| Evaporation Loss | 0.000 | 0.000 |
| Exfiltration Loss | 0.000 | 0.000 |
| Initial Stored Volume | 0.003 | 0.032 |
| Final Stored Volume | 0.060 | 0.605 |
| Continuity Error (%) | -4.120 | |

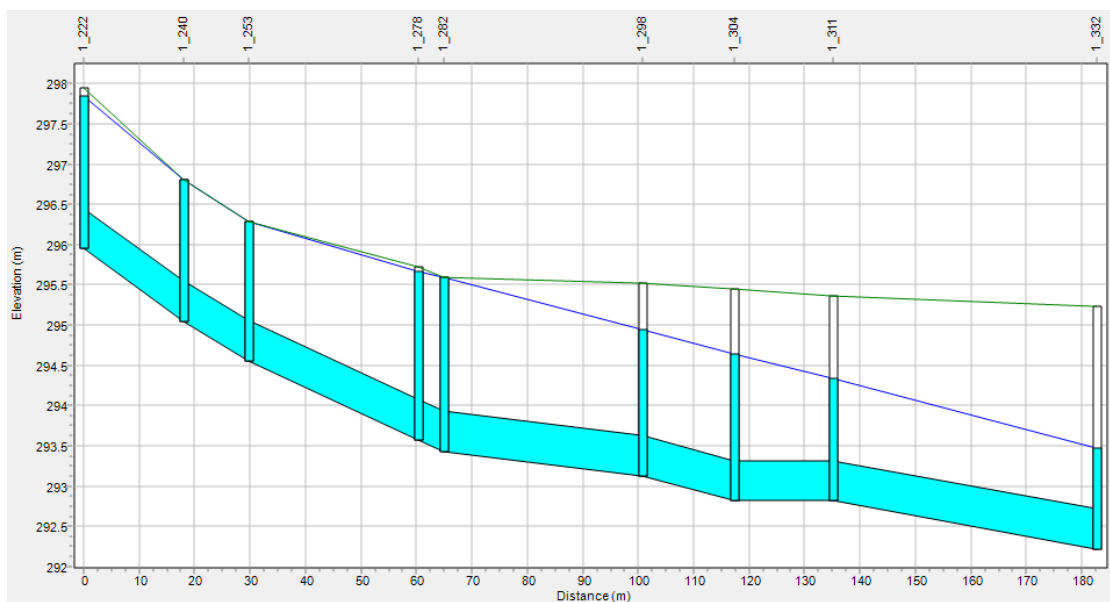
Obr. 2.24: Výřez z okna „Status report“



Obr. 2.25: Simulace modelu v kritickém čase 8:50



Obr. 2.26: Podélný profil části stoky 1_140 – 1_376 v kritickém čase 8:50



Obr. 2.27: Podélný profil části stoky 1_222 – 1_332 v kritickém čase 8:50

3 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo získání nových poznatků a jejich zpracování pro modelování stokové sítě v oblasti srážkových dat. Nejprve byla provedena rešerše z dané problematiky týkající se jak samotných stokových sítí a jejich návrhu, tak srážkám, zpracovávání jejich dat i měření.

Další a tou podstatnější částí bylo zpracování dat. První zájmovou oblastí byla preparace a vyhodnocení naměřených dešťových dat z období od 1.5.2018 do 1.9.2018 potřebné pro budoucí kalibraci a verifikaci modelu, tedy porovnání modelových dat s reálně naměřenými průtoky na síti. Bylo tak vybráno 20 „vybraných“ dešťů a z nich 5 „kritických“ dešťů, jež byly následně přirovnány k tabulkám Ing Trupla a byla odhadnuta jejich periodicitu. Poté se práce soustřeďuje na sázení topologických dat do modelového prostředí programu MIKE URBAN, využívajícího vrstev GIS dodaných firmou VAS a.s. a simulování hydraulického modelu v prostředí SWMM. Podrobně popsáno bylo řešení také řešení komplexních objektů na síti, čímž byly odlehčovací komory a jejich prvky. V neposlední řadě pak popisuje práce tvorbu povodí jednotlivých úseků systému a tvorbu jejich atributů důležitých pro funkčnost modelu. Dále bylo znázorněno zpracování a zadání dešťů do systému. A konečně byla vytvořena přehledná tabulka popisující ostatní aspekty modelu, jež bylo pro jeho funkčnost nutno vyplnit. V poslední části práce byl vyhodnocen výsledný hydraulický model části stokové sítě města Znojma. Popsán byl způsob nastavení atributů simulace pro její správné fungování a poznatky zjištěné z nekalibrovaného a neverifikovaného modelu, který však slouží jako záruka samotné funkčnosti pro budoucí použití.

Summary

The aim of the bachelor thesis was to process knowledge from measured data and applying it on making a hydraulic model of chosen area of Znojmo city. At first a research in the field was done in order to summarise the known facts of it. This research contained information about sewage systems and its designing, ways of interpreting measured precipitation data and at last ways of gaining said data. The second part focuses on processing given data. It started with preparation and evaluation of measured precipitation data from period of time starting on 1.5.2018 and ending on 1.9.2018, which is going to be used in calibrating and verifying the result model of this thesis. As such there were 20 separate rains called „selected“ and from these there were 5 so called „critical“ rains, all of which were then compared to the Trupl classification tables of rains made for the area of Czech Republic. Such classification then gives perspective of what how significant these selected rains were. After that the thesis focuses on ways of inputting and simplifying topological data retained by VAS a.s.(as the investor) into an environment of MIKE URBAN, which is program that combines data layers of GIS with simulating in SWMM. The procedure of inputting the data into the modeling environment was described in detail. First there was the simple data such as junction bottom elevation and maximum depth of the given junction, then there was simplifying and schematizing the relief chambers of the sewage system and extracting important data into the models dialog windows. At last but not least the given area was divided into 623 catchments assigned to the parts of the system in which the rainwater inflows. And finally an overview table of other attributes was made, which are key in order to successfully run the simulation. The last part then describes settings of the simulation in its dialog window and evaluates the resulting noncalibrated, nonverified hydraulic model. The functioning model stands as proof of the correctly inputted data.

Literatura

- [1] *Stokovanie a čistenie odpadových vôd: časť I. – Stokovanie* URČIKÁN P., RUSNÁK D., NÁMER J., MOHLER I. Bratislava: Slovenská technická univerzita Stavebná fakulta 1991. 323 s. ISBN 80-227-0403-2.
- [2] *ČSN 75 6101 - Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Náhrada za normu ČSN 75 6101 z října 2004. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, duben 2012.
- [3] *ČSN 73 6005 - Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*. Praha: Český normalizační institut, září 1994.
- [4] *ČSN EN 752 Venkovní systémy stokových sítí a kanalizačních přípojek*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [5] *Hydrologie - MODUL 01* Vysoké učení technické v Brně, Fakulta Stavební; Prof. Ing. Miloš Starý, CSc., 2005
- [6] *Hydrologie a hydropedologie* POKORNÁ, Dana a Jana ZÁBRANSKÁ. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2008. ISBN 978-80-7080-707-1.
- [7] *Rainfall: measurements, variability and laboratory simulations*. CARVALHO, Silvia Catarina Peixeira. Coimbra, Portugalsko, 2014. Doctorate thesis. Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra.
- [8] *STRÁNSKÝ, D., et al Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných podolí*. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2019-02-14]. Dostupné z WWW: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf
- [9] *Price, R., Vojinovic Z Urban Hydroinformatics: Data, models and Decision Support for Integrated Urban Water Management* IWA Publishing, 2011. ISBN 9781780401362.
- [10] *Willems, P., et al. Impacts of Climate Change on Rainfall Extremes and Urban Drainage Systems* IWA Publishing, 2012. ISBN 9781780401256.
- [11] *GUO, J. C.Y. Urban hydrology and hydraulic design* Highlands Ranch: Water Resources Publications, LLC, 2006
- [12] *LARRY W. MAYS. Stormwater collection systems design handbook*. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9

- [13] *ROSSMAN, Lewis A. STORM WATER MANAGEMENT MODEL USER'S MANUAL Version 5.0* USA, Ohio CINCINATI: ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY, 2009. ISBN 978-1295277056.
- [14] *MIKE URBAN user guide* Dánsko, Hørsholm: DHI, 2008 [cit. 2019-05-12]. PDF Dostupné z: <http://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Cities/CollectionSystem.pdf>
- [15] *ŠEREK M., ŠÁLEK J., MIČÍN J.: Stokování a odvodnění: Vodohospodářské tabulky.* Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební 1989. 238 s. ISBN 80-214-1065-5

Internet

- [16] *Meteorologický radiometr 2011* [online]. [cit. 2019-11-02]. Dostupný na WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/rad/info_radar/index.html
- [17] *Weather radar and urban hydrology* [online]. [cit. 2019-12-05]. Dostupný na WWW: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016980959190016P>
- [18] *Global Precipitation Measurement Mission 2017* [online]. [cit. 2019-11-02]. Dostupný na WWW: https://www.nasa.gov/mission/_pages/GPM/overview/index.html
- [19] *Český statistický úřad* [online]. Brno: CZSO, 2013 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/xb/charakteristika_okresu_znojmo
- [20] *Vodárenská akciová společnost, a.s.)* [online]. Znojmo: VAS, 2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <http://vodarenska.cz/cs/o-nas/divize>
- [21] *Fiedler. Elektronika pro ekologii 2017* [online]. České Budějovice: FIEDLER AMS, 2017 [cit. 2019-03-04]. Dostupné na WWW: <https://www.fiedler.company/cs/produkty/snimace-meteorolog-velicin/destove-srazky/srazkomer-sr03>

Obrázky

- [22] *Radar Brdy. In: Ministerstvo obrany České republiky 2019* [online]. Praha: Ministerstvo obrany České republiky, 2019 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://www.army.cz/scripts/detail.php?id=9977>

- [23] *Radar Skalky, TRNKA Ondřej. ČESKÁ ASTRONOMICKÁ SPOLEČNOST 2012* [online]. Praha: astro.cz, 2012 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/ostatni/stalo-se-exkurze-na-jizni-moravu-a-dovidne.html>
- [24] *BOBR, Pavel. Geologická mapa ČR 1 : 50 000 (GEOČR50)* [online]. Brno: Česká geologická služba, [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=642675&x=1193625&r=2000&s=1&legselect0

Seznam symbolů, veličin a zkratek

| | |
|-----------------|---|
| SWMM | Storm Water Management Model |
| EPA | United States Enviromental Protection Agency |
| ČOV | Čistička Odpadních Vod |
| BSK | Biologická spotřeba kyslíku |
| CHSK | Chemická spotřeba kyslíku |
| ČHMÚ | Český hydrometeorologický úřad |
| NASA | National Aeronautics and Space Administration |
| JAXA | Japan aerospace Exploration Agency |
| GPM | Global Precipitation Measurement |
| PPS | Precipitation Processing System |
| VAS a.s. | Vodárenská Akciová Společnost a.s. |
| DN | Diametr nominal - vnitřní průměr |
| OK | Odlehčovací komora |

Veličiny

| | |
|----------|---------------|
| H | Srážkový úhrn |
| Q | Průtok |
| i | Intenzita |
| n | Periodicita |

Seznam obrázků

| | | |
|------|---|----|
| 1.1 | Transformace blokového deště z čáry náhradních vydatností | 16 |
| 1.2 | Časový průběh procesů v blokovém dešti | 17 |
| 1.3 | Šifaldův déšť - průběh za periodu T | 18 |
| 1.4 | Vybrané dešťové oddíly | 19 |
| 1.5 | Znormované dešťové oddíly | 19 |
| 1.6 | Srovnání podle těžišť | 20 |
| 1.7 | Čára překročení v i-tém časovém kroku | 20 |
| 1.8 | Určení skutečných intenzit modelového deště | 21 |
| 1.9 | Mapa dosahu CZRAD | 22 |
| 1.10 | Radar Skalky | 23 |
| 1.11 | Radar Brdy | 23 |
| 1.12 | Vizualizace hlavní GPM observatoře a partnerských družic | 26 |
| 1.13 | Vizualizace standardního ombrometru | 27 |
| 1.14 | Vizualizace principu ombrografu | 28 |
| 1.15 | Vizualizace totalizátoru | 29 |
| 1.16 | Impulzní srážkoměr značky Fiedler | 30 |
| 1.17 | Srážkoměr S2 - Úpravna vody, pohled shora | 30 |
| 1.18 | Vizualizace člunkového srážkoměru | 30 |
| 1.19 | Vizualizace disdrometru | 31 |
| 2.1 | Mapa geologického podloží | 34 |
| 2.2 | Mapa vymezeného území | 35 |
| 2.3 | Mapa umístění srážkoměrných stanic | 36 |
| 2.4 | Srážkoměr S1 - Kotkova | 37 |
| 2.5 | Srážkoměr S2 - Úpravna vody | 37 |
| 2.6 | Srážkoměr S3 - ČOV | 37 |
| 2.7 | Graf výskytu kritických dešťů v měřeném období | 37 |
| 2.8 | Graf průběhu deště ID 20180525 | 41 |
| 2.9 | Graf průběhu deště ID 20180601 | 42 |
| 2.10 | Graf průběhu deště ID 20180605 | 43 |
| 2.11 | Graf průběhu deště ID 20180621 | 44 |
| 2.12 | Graf průběhu deště ID 20180706 | 45 |
| 2.13 | Dialogové okno šachty v programu MIKE URBAN | 46 |
| 2.14 | Dialogové okno potrubí v programu MIKE URBAN | 47 |
| 2.15 | Dialogové okno akumulční nádrže v programu MIKE URBAN | 48 |
| 2.16 | Dialogové okno přelivné hrany v programu MIKE URBAN | 48 |
| 2.17 | Výřez hydrotechnické situace pro okrasek č.60 | 51 |
| 2.18 | Dialogové okno okrsku v programu MIKE URBAN | 51 |

| | | |
|------|--|----|
| 2.19 | Mapa orientace svahů, zdroj: ags.cuzk.cz | 52 |
| 2.20 | Mapa sklonitosti svahů; zdroj: ags.cuzk.cz | 52 |
| 2.21 | Dialogové okno deště programu MIKE URBAN | 53 |
| 2.22 | Dialogové okno srážkoměru programu MIKE URBAN | 54 |
| 2.23 | Dialogové okno nastavení simulace programu MIKE URBAN | 56 |
| 2.24 | Výřez z okna „Status report“ | 57 |
| 2.25 | Simulace modelu v kritickém čase 9:30 | 58 |
| 2.26 | Podélný profil části stoky 1_140 – 1_376 v kritickém čase 8:50 | 59 |
| 2.27 | Podélný profil části stoky 1_222 – 1_332 v kritickém čase 8:50 | 59 |

Seznam tabulek

| | | |
|------|---|----|
| 1.1 | Orientační složení odpadních vod | 10 |
| 1.2 | Nejmenší dovolené vzdálenosti při souběhu (křížení) | 13 |
| 1.3 | Vydatnost náhradního blokového deště, lokalita Znojmo (podle Ing J. Trupla) | 15 |
| 1.4 | Tabulka převádějící tab. 1.3 na hodnoty celkového úhrnu za dobu trvání deště, lokalita Znojmo (podle Ing J. Trupla) | 15 |
| 2.1 | Celková data o spravovaných sítí VAS, a.s. | 32 |
| 2.2 | Vybraná data úhrnů pro 15 min a 120 min deště; ing. J. Trupl, 1958 . | 38 |
| 2.3 | Hodnoty vybraných 15 minutových dešťů v porovnání s tab ing. J. Trupla | 39 |
| 2.4 | Vybraných 5 kritických dešťů pro modelování | 40 |
| 2.5 | Děšť ID 20180525 | 41 |
| 2.6 | Děšť ID 20180601 | 42 |
| 2.7 | Děšť ID 20180605 | 43 |
| 2.8 | Děšť ID 20180621 | 44 |
| 2.9 | Děšť ID 20180706 | 45 |
| 2.10 | Přepočet škrceného potrubí a vizualizace škrcení v OK2B | 49 |
| 2.11 | Dialogové okno plochy plnění pro OK7A | 50 |
| 2.12 | Ostatní atributy potřebné pro správné fungování modelu | 55 |

Seznam příloh

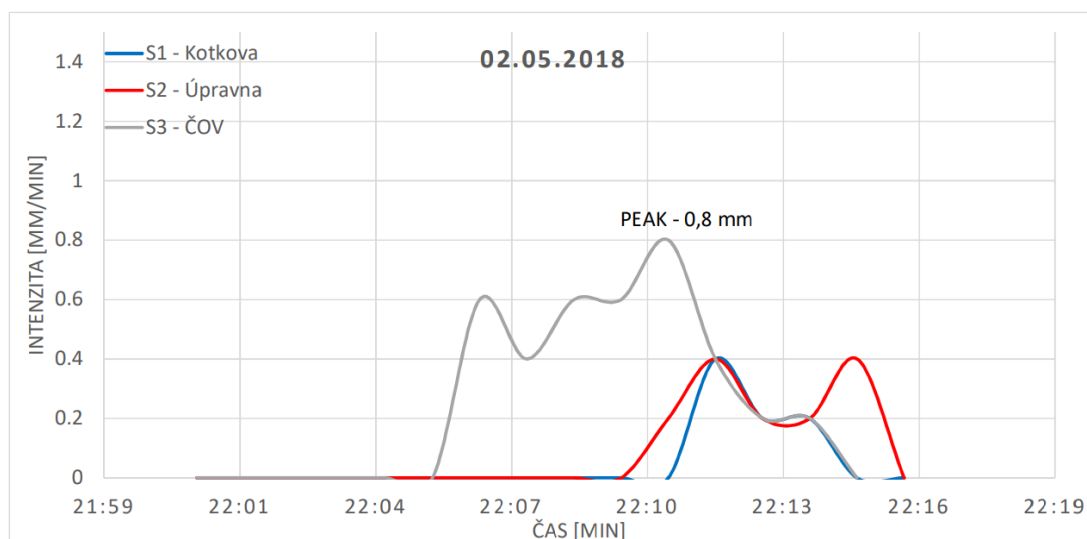
| | | |
|----------|---|-----------|
| A | Ostatní vybrané deště | 70 |
| A.1 | Děšť ID 20180502 | 70 |
| A.2 | Děšť ID 20180510-1 | 71 |
| A.3 | Děšť ID 20180510-2 | 72 |
| A.4 | Děšť ID 20180516 | 73 |
| A.5 | Děšť ID 20180523 | 74 |
| A.6 | Děšť ID 20180605 | 75 |
| A.7 | Děšť ID 20180609 | 76 |
| A.8 | Děšť ID 20180612 | 77 |
| A.9 | Děšť ID 20180627 | 78 |
| A.10 | Děšť ID 20180714 | 79 |
| A.11 | Děšť ID 20180721 | 80 |
| A.12 | Děšť ID 20180725 | 81 |
| A.13 | Děšť ID 20180807 | 82 |
| A.14 | Děšť ID 20180824 | 83 |
| A.15 | Děšť ID 20180901 | 84 |
| B | Mapa odlehčovacích komor | 85 |
| C | Schematizace OK11A | 86 |
| C.1 | Schéma OK11A v reálném stavu (půdorys a řez) a v modelu | 86 |

A Ostatní vybrané deště

Bylo vybráno celkem 20 dešťů, z toho 5 vybraných kritických bylo použito pro simulaci a jejich data jsou zobrazeny v kapitole „Vybrané kritické deště“.

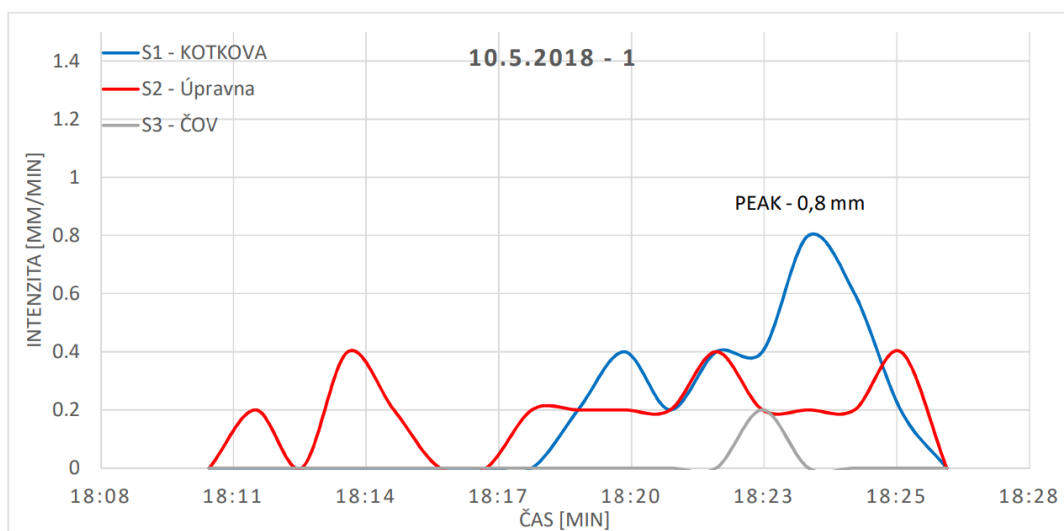
A.1 Déšť ID 20180502

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180621 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 21.06.2018 18:45 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:46 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:47 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:48 | 0.6 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:49 | 1.2 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:50 | 0.6 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:51 | 0.4 | | | 0.2 | | | 0.4 | | |
| 21.06.2018 18:52 | 0.8 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 21.06.2018 18:53 | 0.6 | | | 0 | | | 0.6 | | |
| 21.06.2018 18:54 | 0.4 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 21.06.2018 18:55 | 1 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.06.2018 18:56 | 0.6 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 21.06.2018 18:57 | 0 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 21.06.2018 18:58 | 0 | | | 0 | | | 0.4 | | |
| 21.06.2018 18:59 | 0 | | | 0 | | | 0.4 | | |
| 21.06.2018 19:00 | 0 | 6.6 | 6.6 | 0 | 1.4 | 1.4 | 0.2 | 2.6 | 2.6 |



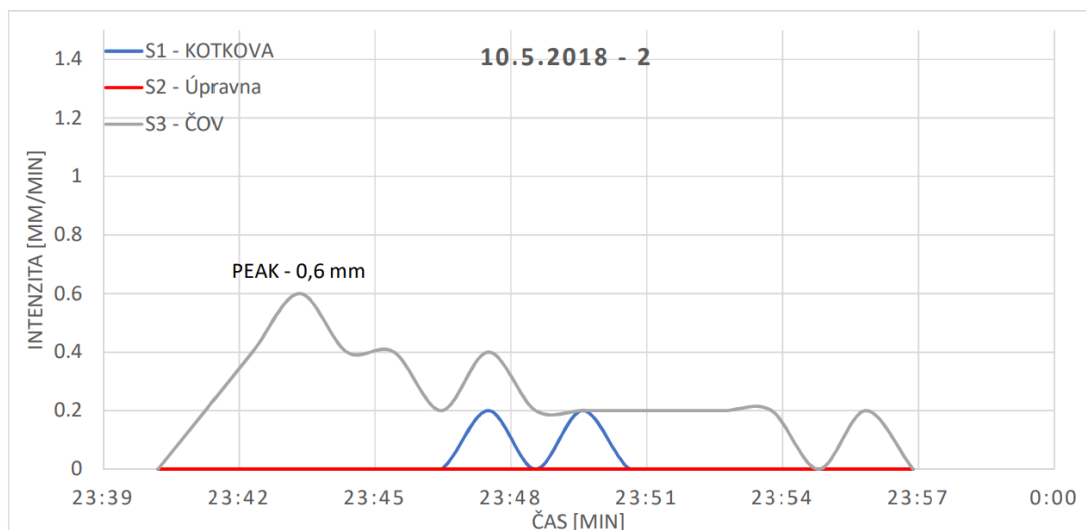
A.2 Dášť ID 20180510-1

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180510-1 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 10.05.2018 18:11 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:12 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:13 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:14 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:15 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 1.8 | 2.8 | 0 | 0 | 0 |
| 10.05.2018 18:16 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:17 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:18 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:19 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:20 | 0.4 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:21 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:22 | 0.4 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:23 | 0.4 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 10.05.2018 18:24 | 0.8 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:25 | 0.6 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 18:26 | 0.2 | 3.2 | 3.2 | 0.4 | 3 | 5.2 | 0 | 0.2 | 0.2 |



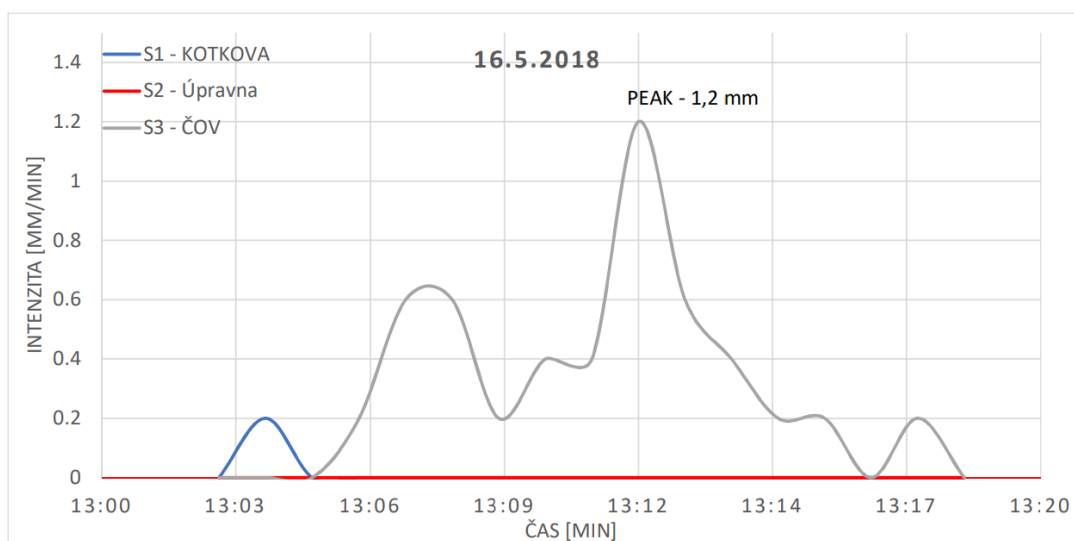
A.3 Dášť ID 20180510-2

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180510-2 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 10.05.2018 23:41 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 23:42 | 0 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 10.05.2018 23:43 | 0 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 10.05.2018 23:44 | 0 | | | 0.0 | | | 0.6 | | |
| 10.05.2018 23:45 | 0 | 0.4 | 1 | 0.0 | 0 | 0 | 0.4 | 1.4 | 1.8 |
| 10.05.2018 23:46 | 0 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 10.05.2018 23:47 | 0 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 10.05.2018 23:48 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 10.05.2018 23:49 | 0 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 10.05.2018 23:50 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 10.05.2018 23:51 | 0 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 10.05.2018 23:52 | 0 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 10.05.2018 23:53 | 0 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 10.05.2018 23:54 | 0 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 10.05.2018 23:55 | 0 | | | 0.0 | | | 0 | | |
| 10.05.2018 23:56 | 0 | 0.4 | 1.4 | 0.0 | 0 | 0 | 0.2 | 4 | 4.2 |



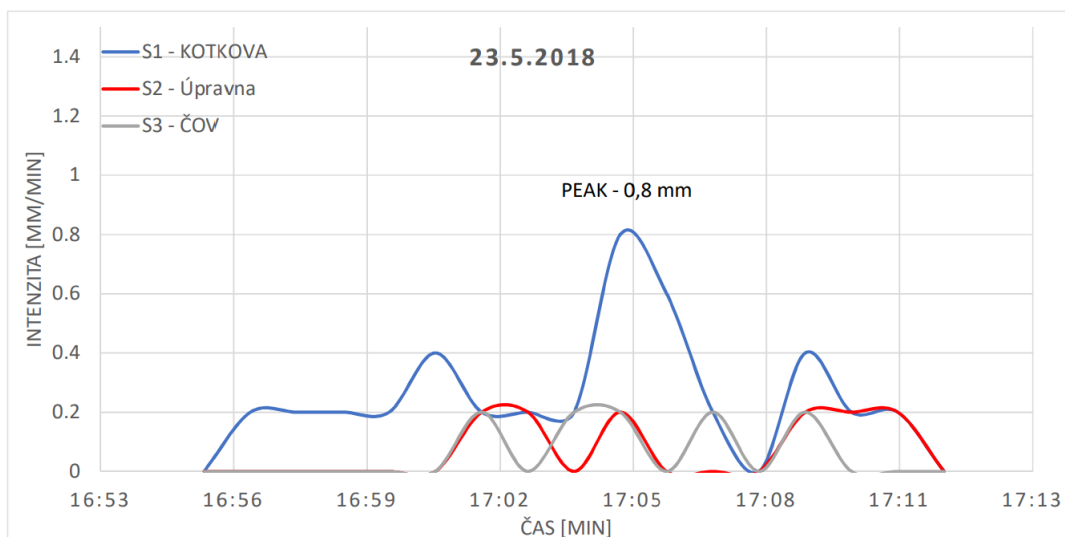
A.4 Dášť ID 20180516

| | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
| LIST 20180516 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 16.05.2018 13:04 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 16.05.2018 13:05 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 16.05.2018 13:06 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 16.05.2018 13:07 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.6 | | |
| 16.05.2018 13:08 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.6 | | |
| 16.05.2018 13:09 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 16.05.2018 13:10 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 16.05.2018 13:11 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 16.05.2018 13:12 | 0.0 | | | 0.0 | | | 1.2 | | |
| 16.05.2018 13:13 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.6 | | |
| 16.05.2018 13:14 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 16.05.2018 13:15 | 0.0 | 0.8 | 0.8 | 0.0 | 0 | 0.2 | 0.2 | 4.6 | 4.8 |
| 16.05.2018 13:16 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 16.05.2018 13:17 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 16.05.2018 13:18 | 0.0 | 0.2 | 0.8 | 0.0 | 0 | 0.2 | 0.2 | 5.2 | 5.4 |



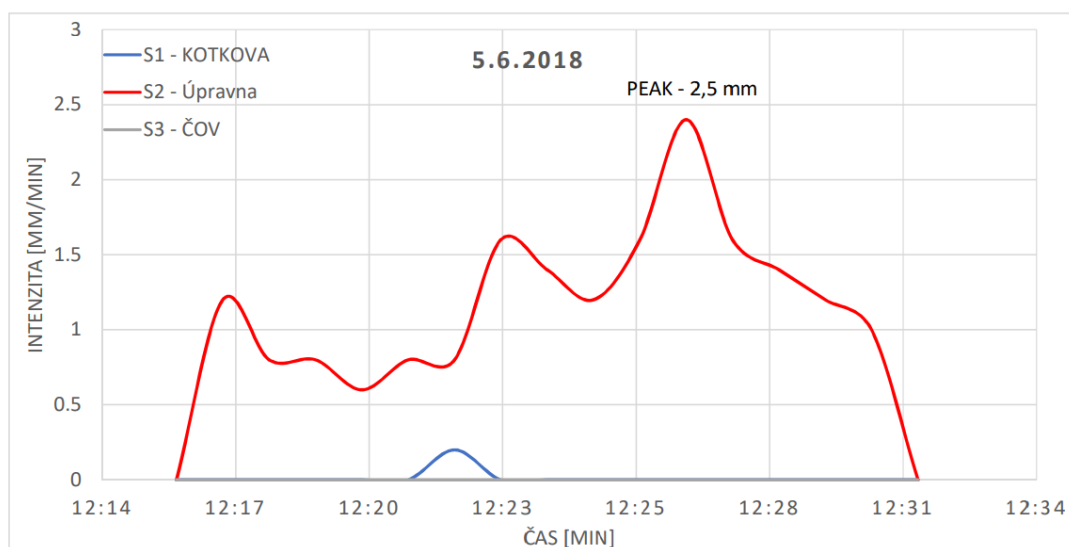
A.5 Dášť ID 20180523

| Srážkoměř: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180523 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 23.05.2018 16:56 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 23.05.2018 16:57 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 23.05.2018 16:58 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 23.05.2018 16:59 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 23.05.2018 17:00 | 0.2 | 1.6 | 1.6 | 0.0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.8 | 1 |
| 23.05.2018 17:01 | 0.4 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 23.05.2018 17:02 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 23.05.2018 17:03 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0.0 | | |
| 23.05.2018 17:04 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 23.05.2018 17:05 | 0.8 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 23.05.2018 17:06 | 0.6 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 23.05.2018 17:07 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 23.05.2018 17:08 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | | |
| 23.05.2018 17:09 | 0.4 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 23.05.2018 17:10 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0.0 | | |
| 23.05.2018 17:11 | 0.2 | 4.2 | 5.2 | 0.2 | 1.2 | 1.2 | 0.0 | 1 | 2 |



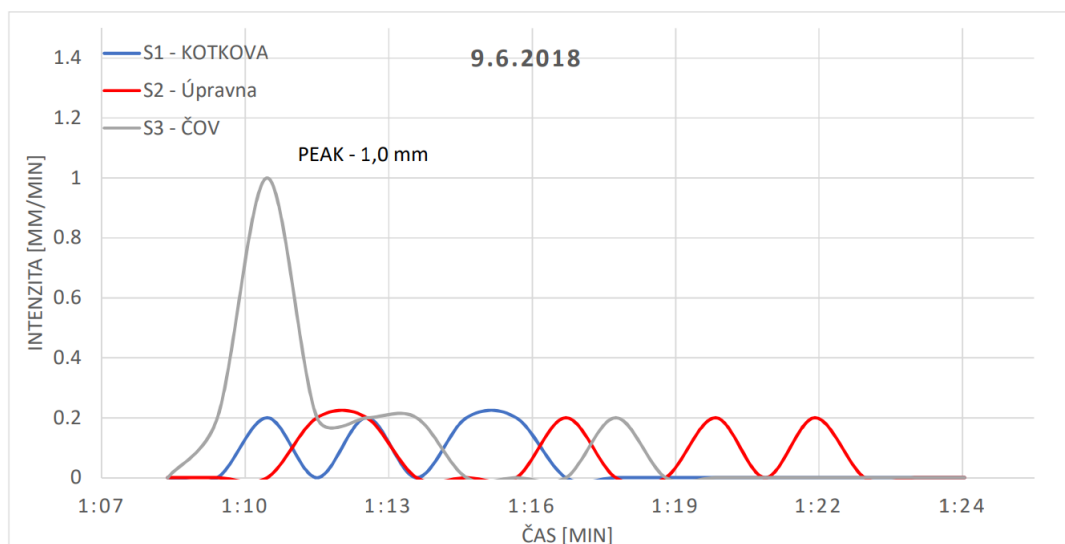
A.6 Déšť ID 20180605

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180605 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 05.06.2018 12:16 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:17 | 0 | | | 1.2 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:18 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:19 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:20 | 0 | | | 0.6 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:21 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:22 | 0.2 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:23 | 0 | | | 1.6 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:24 | 0 | | | 1.4 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:25 | 0 | | | 1.2 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:26 | 0 | | | 1.6 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:27 | 0 | | | 2.4 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:28 | 0 | | | 1.6 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:29 | 0 | | | 1.4 | | | 0 | | |
| 05.06.2018 12:30 | 0 | 0.2 | 0.8 | 1.2 | 17.4 | 17.8 | 0 | 0 | 12.2 |
| 05.06.2018 12:31 | 0 | 0.2 | 0.8 | 1 | 18.4 | 20.0 | 0 | 0 | 12.2 |



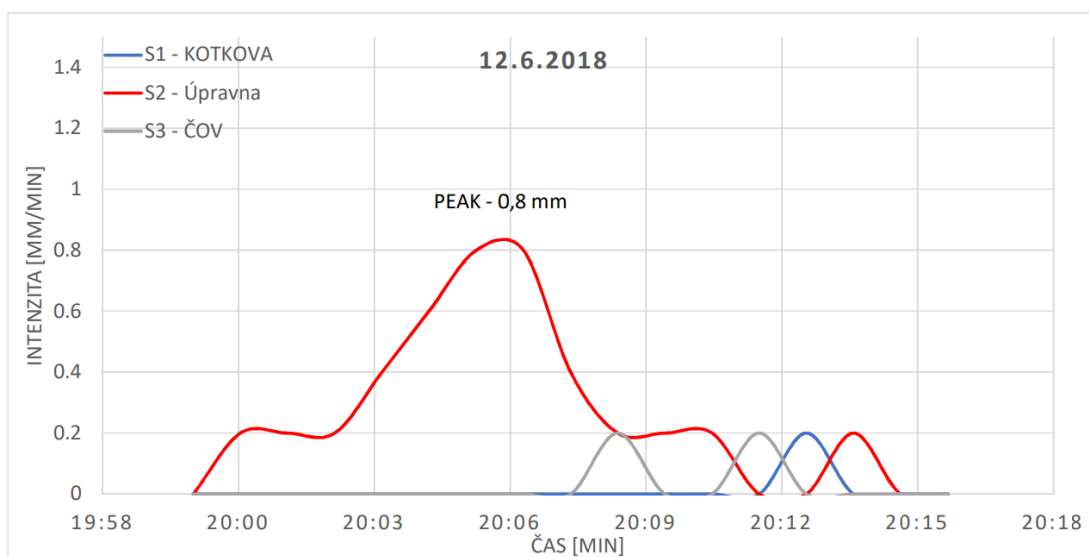
A.7 Déšť ID 20180609

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|-----------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180609 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 09.06.2018 1:09 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 09.06.2018 1:10 | 0 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 09.06.2018 1:11 | 0.2 | | | 0 | | | 1 | | |
| 09.06.2018 1:12 | 0 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 09.06.2018 1:13 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 09.06.2018 1:14 | 0 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 09.06.2018 1:15 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0 | 0.4 | 0.4 | 0 | 1.8 | 1.8 |
| 09.06.2018 1:16 | 0.2 | | | 0 | | | 0 | | |
| 09.06.2018 1:17 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 09.06.2018 1:18 | 0 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 09.06.2018 1:19 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 09.06.2018 1:20 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 09.06.2018 1:21 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 09.06.2018 1:22 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 09.06.2018 1:23 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 09.06.2018 1:24 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0 | 1 | 1.0 | 0 | 2 | 2.0 |



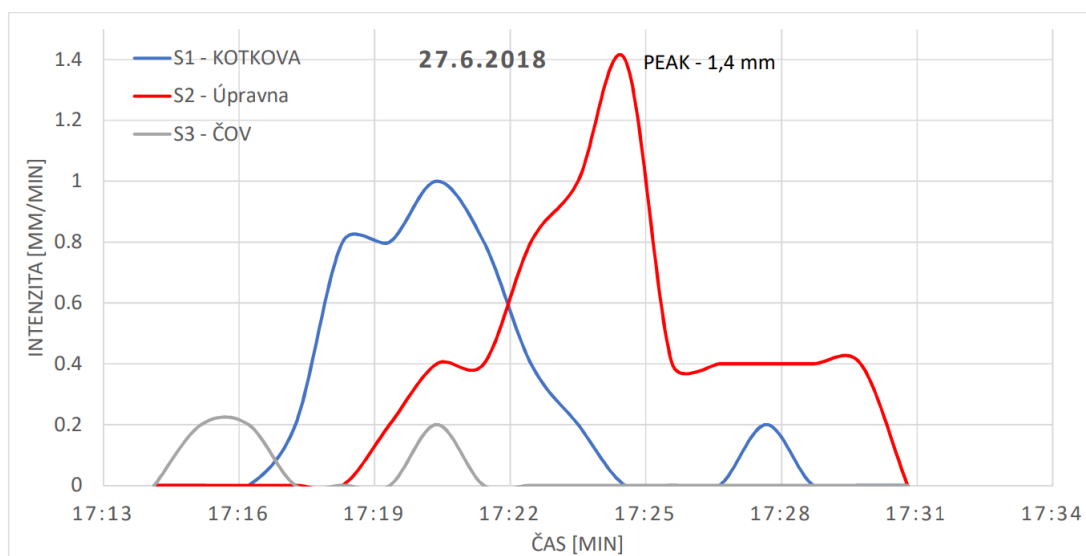
A.8 Déšť ID 20180612

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
| LIST 201800612 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 12.06.2018 20:00 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:01 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:02 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:03 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:04 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:05 | 0 | | | 0.6 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:06 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:07 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:08 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:09 | 0 | | | 0.2 | | | 0.2 | | |
| 12.06.2018 20:10 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:11 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:12 | 0 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 12.06.2018 20:13 | 0.2 | | | 0 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:14 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 12.06.2018 20:15 | 0 | 0.2 | 0.8 | 0 | 4.4 | 5.2 | 0 | 0.4 | 0.6 |



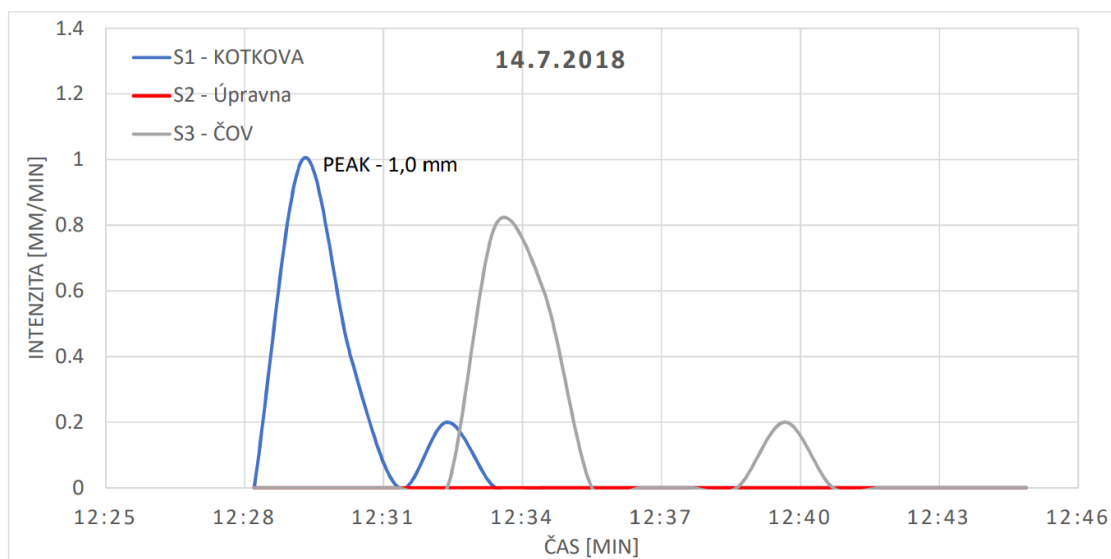
A.9 Déšť ID 20180627

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180627 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 27.06.2018 17:15 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:16 | 0 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 27.06.2018 17:17 | 0 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 27.06.2018 17:18 | 0.2 | | | 0 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:19 | 0.8 | | | 0 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:20 | 0.8 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:21 | 1 | | | 0.4 | | | 0.2 | | |
| 27.06.2018 17:22 | 0.8 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:23 | 0.4 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:24 | 0.2 | | | 1 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:25 | 0 | | | 1.4 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:26 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:27 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:28 | 0.2 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:29 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 27.06.2018 17:30 | 0 | 4.4 | 6.2 | 0.4 | 5.8 | 6.2 | 0 | 0.8 | 4.2 |



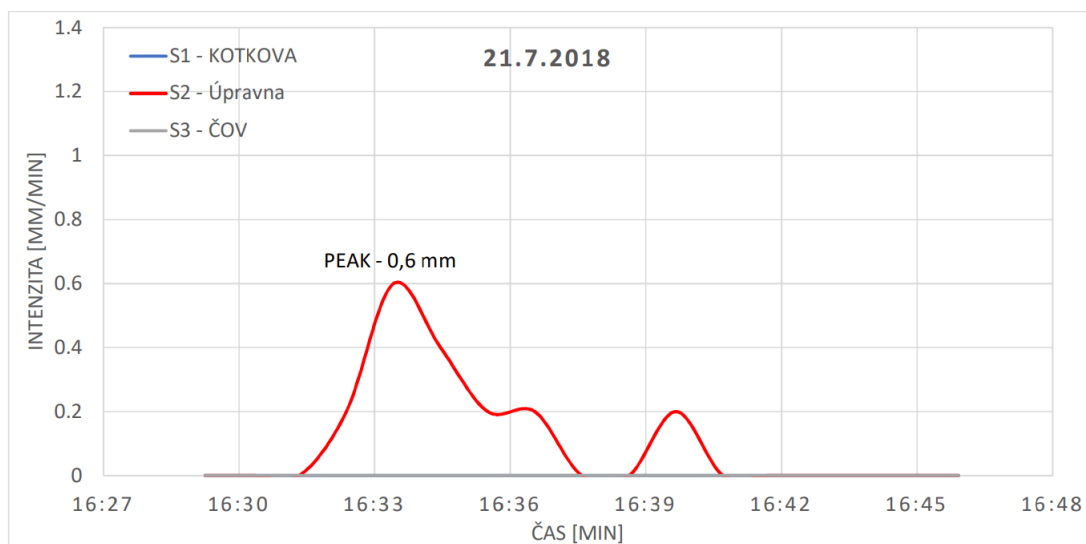
A.10 Déšť ID 20180714

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180714 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 14.07.2018 12:29 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:30 | 1 | | | 0 | 0.8 | 0.8 | 0 | | |
| 14.07.2018 12:31 | 0.4 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:32 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:33 | 0.2 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:34 | 0 | | | 0 | | | 0.8 | | |
| 14.07.2018 12:35 | 0 | | | 0 | | | 0.6 | | |
| 14.07.2018 12:36 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:37 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:38 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:39 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:40 | 0 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 14.07.2018 12:41 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:42 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:43 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 14.07.2018 12:44 | 0 | 1.6 | 1.6 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0 | 1.6 | 1.6 |



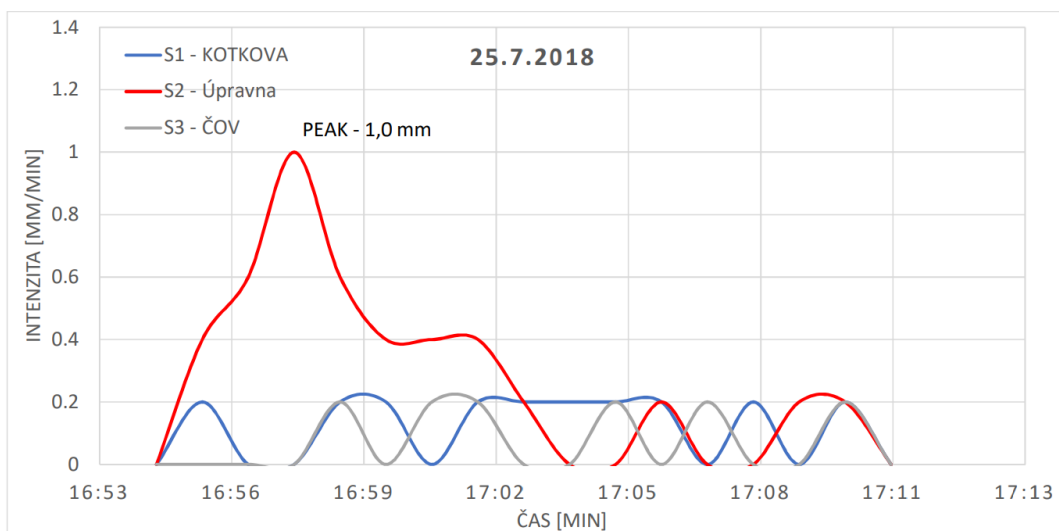
A.11 Déšť ID 20180721

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180721 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 21.07.2018 16:30 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:31 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:32 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:33 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:34 | 0 | | | 0.6 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:35 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:36 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:37 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:38 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:39 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:40 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:41 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:42 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:43 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:44 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 21.07.2018 16:45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.8 | 1.8 | 0 | 0 | 0 |



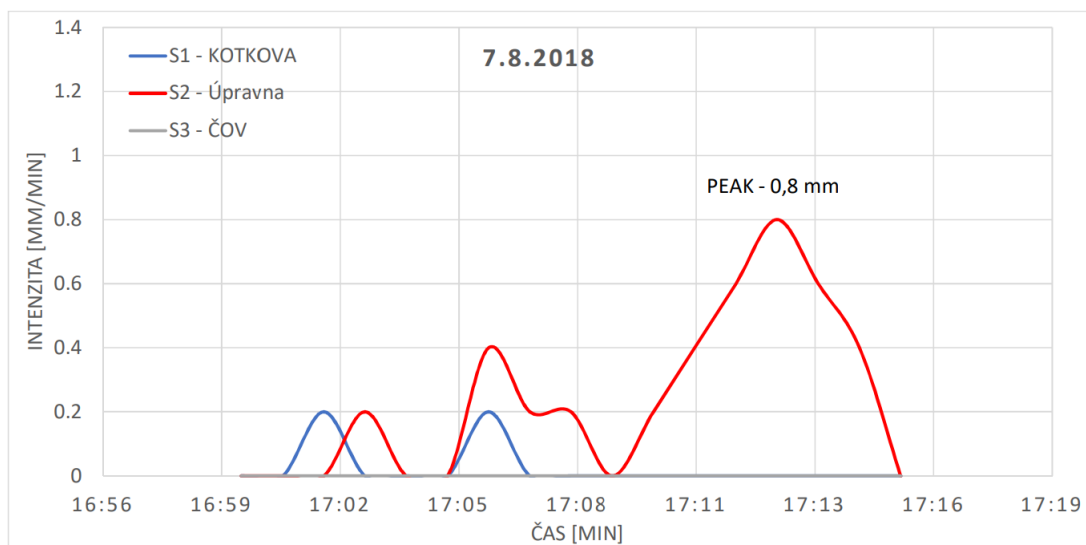
A.12 Dáš ID 20180725

| Srážkomě: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180725 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 25.07.2018 16:55 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 25.07.2018 16:56 | 0.2 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 25.07.2018 16:57 | 0 | | | 0.6 | | | 0 | | |
| 25.07.2018 16:58 | 0 | | | 1 | | | 0 | | |
| 25.07.2018 16:59 | 0.2 | | | 0.6 | | | 0.2 | | |
| 25.07.2018 17:00 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 2.6 | 2.6 | 0 | 0.2 | 0.2 |
| 25.07.2018 17:01 | 0 | | | 0.4 | | | 0.2 | | |
| 25.07.2018 17:02 | 0.2 | | | 0.4 | | | 0.2 | | |
| 25.07.2018 17:03 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 25.07.2018 17:04 | 0.2 | | | 0 | | | 0 | | |
| 25.07.2018 17:05 | 0.2 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 25.07.2018 17:06 | 0.2 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 25.07.2018 17:07 | 0 | | | 0 | | | 0.2 | | |
| 25.07.2018 17:08 | 0.2 | | | 0 | | | 0 | | |
| 25.07.2018 17:09 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 25.07.2018 17:10 | 0.2 | 2 | 2 | 0.2 | 4.6 | 4.6 | 0.2 | 1.2 | 1.2 |



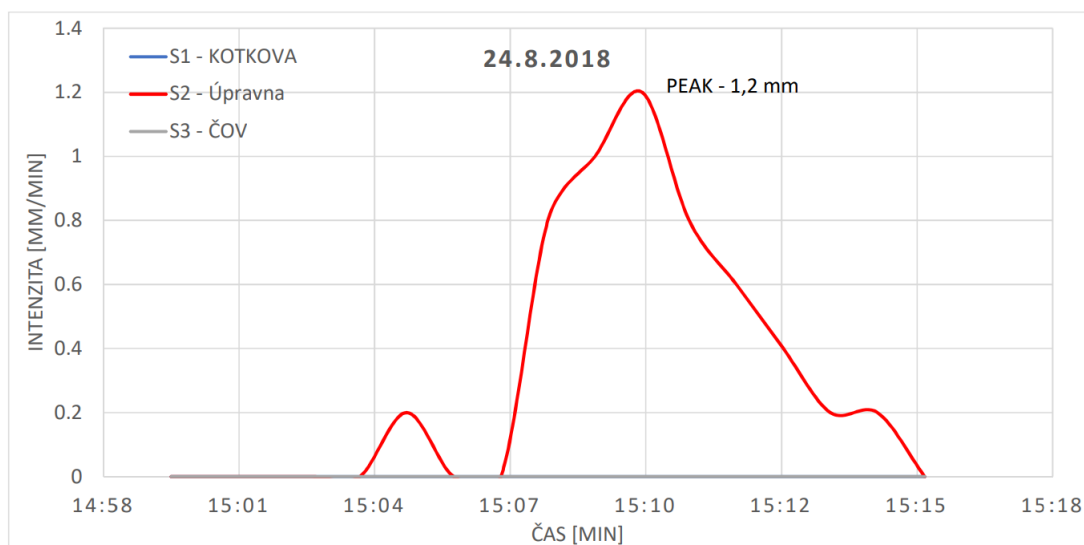
A.13 Děšť ID 20180807

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180807 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 07.08.2018 17:00 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:01 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:02 | 0.2 | | | 0 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:03 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:04 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:05 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:06 | 0.2 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:07 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:08 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:09 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:10 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:11 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:12 | 0 | | | 0.6 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:13 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:14 | 0 | | | 0.6 | | | 0 | | |
| 07.08.2018 17:15 | 0 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 3.6 | 3.8 | 0 | 0 | 0 |



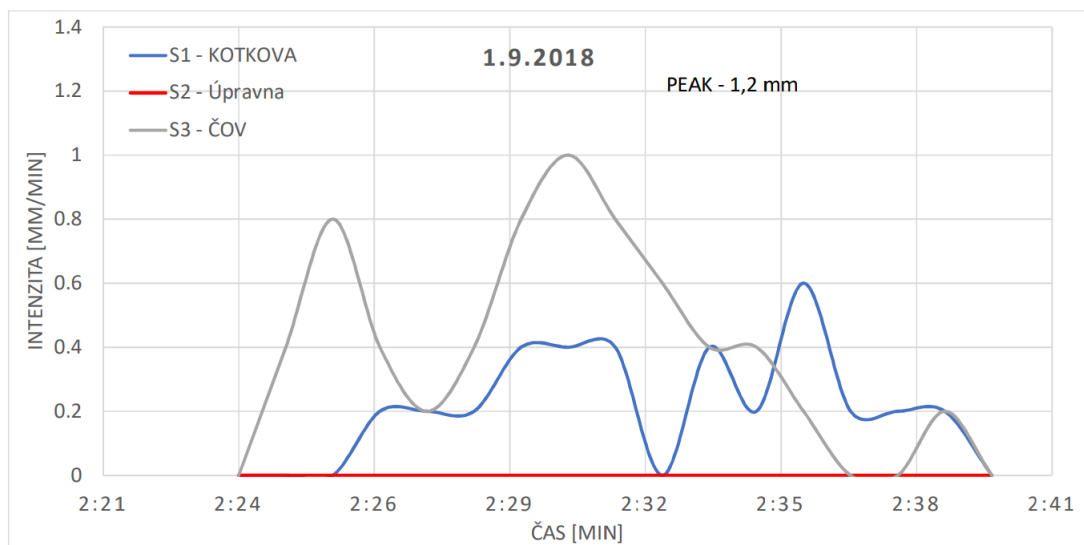
A.14 Děšť ID 20180824

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180824 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 24.08.2018 15:00 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:01 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:02 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:03 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:04 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:05 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:06 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:07 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:08 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:09 | 0 | | | 1 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:10 | 0 | | | 1.2 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:11 | 0 | | | 0.8 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:12 | 0 | | | 0.6 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:13 | 0 | | | 0.4 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:14 | 0 | | | 0.2 | | | 0 | | |
| 24.08.2018 15:15 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 5.2 | 5.2 | 0 | 0 | 0 |



A.15 Děšť ID 20180901

| Srážkoměr: | KOTKOVA | S1 | | ÚPRAVNA | S2 | | ČOV | S3 | |
|-----------------|---------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|--------|-------------|--------------|
| LIST 20180901 | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min | Srážky | Suma 15 min | Suma 120 min |
| Datum | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| 01.09.2018 2:24 | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 01.09.2018 2:25 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 01.09.2018 2:26 | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.8 | | |
| 01.09.2018 2:27 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 01.09.2018 2:28 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 01.09.2018 2:29 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 01.09.2018 2:30 | 0.4 | 0.8 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 2.6 | 3 |
| 01.09.2018 2:31 | 0.4 | | | 0.0 | | | 1 | | |
| 01.09.2018 2:32 | 0.4 | | | 0.0 | | | 0.8 | | |
| 01.09.2018 2:33 | 0 | | | 0.0 | | | 0.6 | | |
| 01.09.2018 2:34 | 0.4 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 01.09.2018 2:35 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0.4 | | |
| 01.09.2018 2:36 | 0.6 | | | 0.0 | | | 0.2 | | |
| 01.09.2018 2:37 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0 | | |
| 01.09.2018 2:38 | 0.2 | | | 0.0 | | | 0 | | |
| 01.09.2018 2:39 | 0.2 | 3.6 | 3.8 | 0.0 | 0 | 0 | 0.2 | 6.6 | 7.4 |



B Mapa odlehčovacích komor



C Schematizace OK11A

Příkladem schematizace je odlehčovací komora OK11A. V příloze C.1 je vyobrazena komora v jejím reálném stavu a v příloze C.2 je pak její schematizace v modelu.

C.1 Schéma OK11A v reálném stavu (půdorys a řez) a v modelu

